



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

2024

SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK- 2024

Yayın Sahibi

İzmir Kalkınma Ajansı
Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19
35170 Konak/İzmir
Tel : 0232 489 81 81
Faks : 0232 489 85 05
E-posta: bilgi@izka.org.tr

Hazırlayan

Özgen KÜÇÜKİL

Grafik Tasarım

Orçun ANDIÇ
Hasan Can ÇAKIR

© 2024, İZKA. Tüm hakları saklıdır. Bu eserin tamamı ya da bir bölümü, 4110 sayılı Yasa ile değişik 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu uyarınca, kullanılmadan önce hak sahibinden 52. maddeye uygun yazılı izin alınmadıkça, hiçbir şekil ve yöntemle işlenmek, çoğaltılmak, çoğaltılmış nüshaları yayılmak, satılmak, kiralanmak, ödünç verilmek, temsil edilmek, sunulmak, telli/telsiz ya da başka teknik, sayısal ve/veya elektronik yöntemlerle iletilmek suretiyle kullanılamaz.

Hazırlanmış olan çalışmanın tüm hakları İzmir Kalkınma Ajansı'na aittir. Bu İZKA eserinden kaynak gösterilmek suretiyle alıntı yapılabilir.



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

—
2024

İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ	4
BÖLÜM 1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN SU ÜRÜNLERİ	6
BÖLÜM 2. YAŞANAN PROBLEMLER	10
2.1. Deniz Kirliliği	11
2.2. Etobur Çiftlik Balığı Yetiştiriciliği	16
2.3. Aşırı Avlanma ve İstilacı Türler	16
2.4. Karbon Ayak İzi	18
BÖLÜM 3. SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNTEMLER	20
3.1. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Sürdürülebilir Atık Yönetimi	21
3.2. Yetiştiricilik Faaliyetlerinin Çevreye Etkisi	24
BÖLÜM 4. ALGAL BİYOTEKNOLOJİ	26
4.1. Sağlık Amaçlı ve Gıda Olarak Kullanım	31
4.2. Hayvan Yemi Olarak Kullanımı	32
4.3. Gübre Olarak Kullanımı	32
4.4. Enerji Elde Edilmesi	33
4.5. Su Arıtma Amaçlı Kullanım	35
BÖLÜM 5. SONUÇ	36
KAYNAKÇA	39

ŞEKİL LİSTESİ

ŞEKİL 1.	İklim değişikliğinin Akdeniz'e etkileri	7
ŞEKİL 2.	Okyanustaki iklim değişikliğinin temel etkileri	8
ŞEKİL 3.	Barbun ve istavritte rastlanan plastik tipler	13
ŞEKİL 4.	Evsel plastik atıklar	14
ŞEKİL 5.	Akuaponik sistem şeması	22
ŞEKİL 6.	Entegre multi-trofik sistemlere örnek bir şema	23
ŞEKİL 7.	Alglerin kullanıldığı sektörler ve etkileri.	27
ŞEKİL 8.	Açık sistem örnekleri	28
ŞEKİL 9.	Kapalı sistem örnekleri	28
ŞEKİL 10.	Tübüler fotobiyoreaktörde chlorella vulgaris üretimi	29
ŞEKİL 11.	Mikroalglerden biyoyakıt elde etme sürecinin şeması	35

TABLO LİSTESİ

TABLO 1.	IMTA sistemi için örnek tür sıralamaları	23
-----------------	--	----

YÖNETİCİ ÖZETİ

Su ürünleri sektörü, dünya genelinde hem ekonomik hem de sosyal açıdan kritik bir öneme sahiptir. Bu sektörün sürdürülebilir şekilde yönetimi, çevresel dengeyi korumak ve gelecekte de bu kaynaklardan yararlanabilmek adına büyük bir gerekliliktir. Sürdürülebilirlik, su ürünleri kaynaklarının bilinçli ve dengeli bir şekilde kullanılması, zararlı çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve gelecek nesillere de aynı faydaların sağlanabilmesi anlamına gelir. Aşırı avlanma, habitat tahribatı ve kirlilik, ekosistemin dengesini bozan ve biyolojik çeşitliliği riske sokan faktörlerdir.

İnsan kaynaklı zararlı etkiler ile iklim değişikliği sektörü olumsuz yönde etkiler. İklim değişikliği; su sıcaklıklarının artmasına, okyanusların asitlenmesine, deniz seviyesinin yükselmesine ve aşırı hava olaylarının sıklığının artmasına neden olarak su ürünü stoklarını ve ekosistemlerini tehdit etmektedir. Bu durum, sektörün sürdürülebilir yönetimini her zamankinden daha önemli hâle getirir.

Su ürünlerinde sürdürülebilirlik, yalnızca çevresel bir gereklilik değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal bir zorunluluktur. Aşırı avlanmanın ve çevresel tahribatın önlenmesi, ekosistemlerin korunması ve gelecek nesillerin de bu kaynaklardan faydalanabilmesi için su ürünleri sektöründe sürdürülebilirlik ilkelerine sıkı sıkıya bağlı kalınmalıdır. Bu, ancak tüm paydaşların (hükümetler, özel sektör, sivil toplum ve tüketiciler) işbirliği ile mümkün olacaktır.

Sektörün sürdürülebilirliğinin sağlanması için çeşitli stratejilerin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Sorumlu avlanma yöntemlerinin uygulanması, hassas bölgelerin korunma altına alınması ve akuakültür tekniklerinin kullanıldığı yetiştiricilik yöntemlerinin uygulanması yapılması gerekenlerin başlıcalarıdır. Bununla birlikte tüketici bilinci oluşturulmalı ve bilinç düzeyinin devamlı artırılması teşvik edilmeli, uygulamaya geçirilen politika ve yönetmelikler ile sürdürülebilir yöntemlerin devamlılığı sağlanmalıdır.

Sürdürülebilirlik açısından su ürünlerinin alışlagelmiş alanların dışında kullanımı önemli bir konudur.

Günümüzde yapılan birçok araştırma, algal biyoteknolojiden çeşitli konularda yararlanılabildiğini göstermektedir. Alglerden biyodizel ve biyogaz gibi yenilenebilir enerji kaynakları elde edilmektedir. Algler, zengin protein, vitamin ve mineral içeriklerinden dolayı gıda ve sağlık sektöründe gıda takviyesi ve sağlık ürünleri üretiminde hammadde olarak veya doğrudan hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Kozmetik endüstrisi de alglerin cilt yenileyici ve antioksidan özelliklerinden yararlanmaktadır. Ayrıca atık su arıtımında algler, sudaki kirleticileri biyolojik olarak temizleyerek çevre koruma için de önemli bir rol oynar. Algler, ayrıca karbondioksit yakalama ve dönüştürme potansiyelleri ile de iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir araç olarak kullanılmaktadır. Alglerle yapılan bu uygulamalar, sürdürülebilir kalkınma ve çevresel koruma hedeflerine ulaşmada büyük bir potansiyele sahiptir.

Türkiye'nin su ürünleri sektöründe en çok üretim yapan ikinci il İzmir'dir. Bu yüzden il genelinde sürdürülebilir üretimin sağlanması, sektörün geleceği için ayrı bir önem taşır. Bölgedeki balıkçılık alanlarının ve yetiştiricilik tesislerinin çokluğu, deniz ekosisteminin dengede kalabilmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunabilmesi için sürdürülebilir deniz yönetimini gerektirmektedir. İzmir'in sahip olduğu ihracat hacmi ve potansiyeli, dünyanın giderek artan su ürünleri talebinin karşılanabilmesi için bir fırsat teşkil etmektedir. İzmir'de çok sayıda kıyı belediyesinin, su ürünleri kooperatifinin ve su ürünleri fakültesinin bulunması, bölgede sürdürülebilir akuakültür projelerinin geliştirilmesi için güçlü bir zemin bulunduğuna işaret etmektedir. Bu tür projeler hem ekonomik kalkınmayı hem de sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamakta etkin rol üstlenecektir.



BÖLÜM 1.

Sürdürülebilirlik Açısından Su Ürünleri



Su ürünlerinin sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi çok yönlü bir bakış açısını gerektirmektedir. Yapılacak değerlendirmelerin başında iklim krizi ve buna bağlı gelişmeler gelmektedir. Bugün iklim değişikliğinin doğurduğu etkiler nedeniyle doğa ve yaşam olumsuz etkilenmekte, hem kara hem de deniz ekosistemleri tehlike altına girmektedir. Canlı kaynaklara dayanan her sektör gibi su ürünleri üretimi sektöründe de sürdürülebilirlik ilkelerinin ön planda tutulması şarttır.

İklim krizi, su ürünleri üretimini etkileyen pek çok değişiklik meydana getirmektedir. Sıcaklık değişimlerinin daha geniş aralıkta olması, yağış modellerinin değişmesi, su seviyelerindeki oynamalar gibi etkenler

su ürünleri üretiminde radikal sayılabilecek birtakım değişikliklere yol açmaktadır. Suyun asidik derecesinin ve tuzluluk oranının farklılaşması gibi muhtemel değişiklikler suyun temel özelliklerini değiştirmekte, bu da suyun içinde yaşayan canlıların yaşam koşullarını etkilemektedir. Yaşamın devamlılığı için hassas bir denge sağlayan ideal sıcaklık, uygun besin miktarı ve yeterli güneş ışığı gibi parametrelerin değişmesi, su içinde yaşayan canlıların yaşam kalitesinin de giderek azalmasına ve canlılığın yok olmasına sebep olmaktadır. Araştırmalar deniz suyu sıcaklığındaki 1 derecelik artışın bile, çeşitli balık türlerinin yok olmasına sebep olabileceğini ortaya koymaktadır (Şekil 1).

ŞEKİL 1. İklim değişikliğinin Akdeniz'e etkileri (WWF, 2021)



Okyanuslar üzerine yapılan incelemeler, deniz seviyesinin son 140 yıl içinde 25 cm yükseldiğini ve deniz yüzeyinin sıcaklığının artması sebebiyle deniz ekosisteminin olumsuz yönde etkilendiğini göstermektedir. Bu bağlamda dünyanın en zengin deniz ekosistemi olan mercan resiflerinin

2050 yılına kadar yok olması ve küresel balıkçılık gelirinin de %35 oranında azalması beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki avlanma faaliyetleri de sulardaki ısınmaya bağlı olarak yıllık bazda %50'ye kadar azalabilecektir (WWF, 2021; Şekil 2).

ŞEKİL 2. Okyanustaki iklim değişikliğinin temel etkileri (WWF, 2019)



Okyanusta yaşanan sıcaklık değişimi sonucunda, deniz yüzeyinde tabakalaşma (katmanlaşma) artar, su canlıları arasında besin alışverişi azalır ve fitoplanktondan trofik seviyelere yani deniz içindeki besin zincirinin tabanından en üstüne kadar tüm besin ağı bozulur (WWF, 2022).

İklim değişikliğinin yarattığı asit miktarının artışı, kalsiyum içeren kabuk benzeri yapıları oluşturmak için istikrarlı kimyasal koşullara gereksinim duyan mercan ve plankton gibi deniz organizmalarının yaşam koşullarının değişmesine sebep olur. Düşük oksijen seviyesi, birçok denizel türün hayatta kalmasını, çoğalmasını ve büyümesini etkiler (WWF, 2022).

Gıda ve Tarım Örgütü, dünya üzerinde giderek artan yetersiz beslenme, açlık ve doğal kaynakların bilinçsiz kullanımını azaltabilmek için suda ki kaynakların daha etkin kullanılması gerektiğine dikkat çekmekte ve bu amaca dönük olarak "mavi dönüşüm" kavramını ortaya koymaktadır.

Mavi dönüşüm, sucul gıda sistemlerinin güvenliğini, ekonomik erişilebilirliğini ve sağlıklı beslenmeye katkısını korumak ve arttırmak için gereken bilgi, araç ve uygulamaların en iyi şekilde kullanılmasına yönelik bir çaba olarak tanımlanır. Mavi dönüşümün amaçları şunlardır:

- Artan nüfusa çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir ve yeterli gıdayı sağlamak.
- Güvenli ve besleyici sucul gıdaların bulunabilirliğini ve erişilebilirliğini sağlamak ve gıda kaybı ve israfını azaltmak.
- Sucul gıda sistemlerinin zayıf toplulukların geçimi için gelir sağlamasına fırsat yaratmak.
- Sucul gıda sistemlerinin değişen iklim koşullarına uyumlu hâle getirilmesine katkıda bulunmak (WWF, 2020).



BÖLÜM 2.

Yaşanan Problemler

Su ürünleri üretiminde yaşanan temel problemler kirlilik, etobur yetiştiriciliği, aşırı avlanma ve karbon salımıdır.

2.1. Deniz Kirliliği

Deniz kirliliği, su canlılarının yaşam koşullarını etkileyen önemli bir faktördür. Canlıların doğal beslenme zincirleri bozulduğunda veya beslendikleri yem veya canlı kirlendiğinde, zincirin devamındaki tüm canlılar da bu kirlilikten etkilenir.

Akdeniz'e bağlı bir iç deniz olan Ege Denizi'ne en çok su taşıyan nehirler Meriç, Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes'tir. Çalışmalar, özellikle yerleşim yerlerinin ve tarım alanlarının içinden geçen Büyük Menderes ve Küçük Menderes nehirlerinde evsel ve endüstriyel atıklar ile tarım ve hayvancılık kaynaklı atıklara rastlandığını belirtmektedir. Ayrıca sahillere bırakılan veya (özellikle turizm sezonunda) kıyı kullanımlarından sonra denize karışan çöpler ve arıtma sistemlerinin atık yönetimindeki eksiklikleri ile gemilerden kaynaklanan atıklar plastik kirliliğine sebep olmaktadır (WWF, 2020).

Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) tarafından yürütülen ACT4LITTER projesi için Türkiye'nin kıyılarından farklı zamanlarda çöpler toplanmış ve bunlar sınıflandırılmıştır. Ege kıyısında en çok rastlanan çöp türleri şunlardır:

- ▶ Polimer (bileşik) ürün atıkları (pet şişeler, pet şişe halkaları, plastik alışveriş torbaları vb.)
- ▶ Kauçuk ürün atıkları (araba lastiği vb.)
- ▶ Tekstil ürünü atıkları (elbise atıkları, çuval vb.)
- ▶ Kâğıt atıkları (karton kutu, sigara paketi vb.)
- ▶ Ahşap ürün atıkları (dondurma sapı vb.)
- ▶ Metal ürün atıkları (alüminyum içecek kutusu vb.)
- ▶ Cam ürün atıkları (cam şişe, seramik atık vb.) ve diğerleri (WWF, 2020).

2.1.1. Plastikler

Denizlerde yaşanan kirlilik, ağırlıklı olarak plastik atıklardan kaynaklanır ve bu plastik atıklar da kara yoluyla denizlerimize gelir. Atıklar, balıkçılık, deniz yolları veya kumsallardan denize doğrudan karışırken rüzgâr veya akarsu yoluyla dolaylı olarak da karışabilmektedir.

Denizlerdeki plastik kirliliğinin %80'i karadaki faaliyetlerden kaynaklanır. Plastik atıkların %10'unu kaybolan veya bilerek su altına bırakılan balık avı araçları olan hayalet ağlar oluşturur (WWF, 2021).

Dünyada her yıl, 8 milyon ton plastik atık denizlere karışmaktadır. Türkiye, denize karışan plastik miktarı sıralamasında dünyada altıncı ülkedir, OECD ülkeleri arasındaki başarılı atık yönetimi sıralamasında ise son sıralarda yer alır. WWF'nin 2018'de yayımladığı rapora göre, dünyada en fazla plastik atık üreten dördüncü bölge olan Akdeniz'deki atıkların %95'ini plastik maddeler oluşturmaktadır. Her yıl yaklaşık 0.57 milyon ton plastik atığa maruz kalan Akdeniz'in her kilometrekaresinde, boyutları 5 milimetreden küçük 1,25 milyon plastik parça bulunmaktadır. Bu sayılara bakılarak, her dakika denize 33.800 plastik şişenin atıldığı ve atık miktarının 2050 yılında dört katına çıkacağı tahmin edilmektedir (WWF, 2020).

Plastiklerin özellikle büyük parçalar hâlinde canlılar tarafından yutulması durumunda birçok riskli olay da tetiklenmektedir. Yutulan büyük parçalar nedeniyle mide kapasitesi azalır, bunun sonucunda açlık hissi ortadan kalkar ve bu yüzden uzun mesafelere göç eden hayvanlar için çok önemli olan yağ depolaması yeterli seviyede gerçekleşmez. Bağırsakların tıkanması, ülserler, hücre ölümleri, cilt kesikleri ve yaraları da plastik yutmanın diğer sonuçlarıdır (WWF, 2018).

Bir körfezin etrafında gelişen İzmir'de deniz çöpü sorununun boyutlarını tespit etmeye yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır. İzmir içerisinde Balçova, Bayraklı ve Homa Dalyanı'nda deniz kıyısında çöp toplama ve ayrıştırma çalışması yapılmıştır. Bu kıyıların hepsinde, katı atık miktarlarının özellikle de plastik atıkların sahil kıyılarını olumsuz etkileyecek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Buralarda yapılan araştırma ile plastiklerin doğada kolay kolay kaybolmadığı, dalga veya rüzgârın etkisiyle bırakıldıkları yerlerden çok uzaklara kolaylıkla gidebildiği gösterilmiştir. Halka açık sahillerde sigara atıklarının miktarının da fazla

olduğu çalışmanın ortaya koyduğu sonuçlardan biridir. Çalışma kapsamında aralıklarla yapılan analizlerin sonucunda, ziyaretçi girişinin yasak olduğu Homa Dalyanı'nda, av mevsiminde balıkçılık ile ilgili atıkların miktarında önemli artışlar tespit edilmiştir. Belli dönemlerde yapılan düzenli sahil temizliğinin de genel olarak katı atık miktarını azalttığı kaydedilmiştir. Bu nedenle, katı atıkların Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne uygun şekilde ve kaynağında ayrıştırma yapılarak düzenli olarak toplanması ve uzun vadede atık azaltmaya yönelik bilinçlendirme çalışmaları ile desteklenmesi, bölgenin sürdürülebilirliği açısından önemlidir (Kızılelma, 2019).

2.1.2. Biyoakümülyasyon

Son yıllarda yaşanan çevre kirliliği nedeniyle denizler ve su alanları da kirlenmekte, gerek çevresel katı atıkların çeşitli bileşenlerle suya karışması gerekse havayı kirlüten bileşenlerin yağmur yoluyla suyla buluşması sebebiyle denizel alanlar kirlenmektedir. Su içerisinde yaşayan canlılar da kaçınılmaz olarak bu kirlilikten etkilenmektedir.

“Biyoakümülyasyon” veya diğer adıyla “biyobirikim”, kimyasalların canlı organizmalarda birikmesi durumudur. Canlının vücuduna giren kimyasalın atılma hızı, organizmaya giriş hızından daha yavaşsa kimyasal, vücutta birikmeye başlar. Bu kimyasallar özellikle yağ dokularında birikerek ciddi problemlere yol açmakta ve besin zincirindeki diğer canlılara da aktarılabilir.

Denizel alanları en çok kirlüten atık plastiktir. Plastikler, sucul canlılara dolanıp hareketlerini kısıtlayabilir, besin zannedilip canlılar tarafından yutulabilir, yaşam alanlarını örtüp canlıların solunumlarını engelleyebilir. Dahası, atığın üzerindeki kimyasallar çözünüp denizlere karışarak biyolojik yaşama da zarar verebilir (WWF, 2022).

Ağır metallerin sucul ekosisteme karışması; evsel ve endüstriyel atık sularından, tehlikeli atık bertaraf bölgelerinde kaza sonucu yaşanan sızmalardan, tarımsal kaynaklı atık kalıntılarında veya şehir ve ulaşım bölgelerinden gelen yüzey sularından kaynaklanabilmektedir (Şavran ve Küçük, 2022).

Ağır metaller ile beraber sucul ortamı kirlüten faktörler arasında mikroplastikler de yer alır. Plastiklerin 5 mm'den daha küçük formları mikroplastik olarak adlandırılır ve dünyada olduğu gibi ülkemizde de deniz kirliliğine yol açan katı atıkların çoğunu mikroplastikler oluşturur.

Deniz besin zincirinin tabanındaki küçük organizmalar olan zooplanktonlar, mikroplastikleri istemeden yemekte ve bu mikroplastikler zooplanktonlardan başlayarak besin zincirinin üst basamaklarına kadar taşınmaktadır (WWF, 2018).

Karadeniz'de yapılan bir araştırmada deniz içerisinde yaşayan istavritlerin vücutlarındaki mikroplastik oranları incelenmiş ve işaretli olarak takip edilen 121 istavritten 27 tanesinde mikroplastik tespit edilmiştir (Mutlu vd., 2022). İzmir Körfezi'nde yapılan bir araştırma da ise çipura, mavi kefal ve karagöz türündeki balıkların organlarında metal biyobirikimi olduğu tespit edilmiştir (Bilgin vd., 2022).

Türkiye'nin Akdeniz kıyılarındaki midyeler üzerinde yapılan bir araştırmada, çeşitli ağır metallerin birikim durumları ve çocuk ve yetişkin tüketiciler açısından taşıdığı riskler değerlendirilmiştir. Alınan midye örneklerinde başta çinko olmak üzere çeşitli ağır metaller tespit edilmiştir. Ayrıca örnekler üzerinde yapılan Monte Carlo simülasyonu, midye tüketimine bağlı olarak yetişkin (%62,98) ve çocuklarda (%97,24) arseniğin neden olduğu kanser riskini doğrulamıştır. Bu değerlendirmelere göre ağır metal karışımlarının çoğunun insan kaynaklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Turanlı ve Gedik, 2021).

Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan sazan balıkları üzerine bir çalışmada, bu balıkların küçüklerinde genelde daha fazla metalin biriktiği ve metal kirliliğinin gölün çevresindeki tarım arazilerinden gelen kimyasal gübrelerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Göldeki küçük balıklar, büyük balıklara kıyasla beslenmede daha aktif olduğu ve daha hızlı metabolizmaya ve daha az gelişmiş bağışıklık sistemine sahip olduğu için yüzey akışı ile suya karışan, gübrelerden kaynaklanan ağır metal kirliliğinden daha fazla etkilenmekte ve metal birikimi vücutlarında daha fazla olmaktadır (Güldiren ve Özkan, 2018).

Metal kirliliği konusunda öne çıkan ve konunun ciddiyetini gösteren örneklerden biri, Japonya'da gerçekleşmiştir. 1953-1956 yılları arasında Japonya'nın Minimata Körfezi'ndeki bir fabrikada, kimyasal gübre ve türevlerinin üretiminde ortaya çıkan cıvalı atık sular, doğrudan denize verilmiş ve besin zincirine karışıp zamanla planktondan küçük balıklara, midyelere, büyük balıklara ve en sonunda insanlara kadar ulaşmıştır. Bu birikim sonucunda da cıvaya maruz kalan insanlarda "Minimata hastalığı" olarak adlandırılan sinir sistemi hastalığı ortaya çıkmıştır. 1999 yılı itibarıyla, Kumamoto ve Kagoshima eyaletlerinde 2263 vaka, Niigata eyaletinde ise 690 Minamata hastalığı vakası tespit edilmiştir (Eto, 2000; Şavran ve Küçük, 2022).

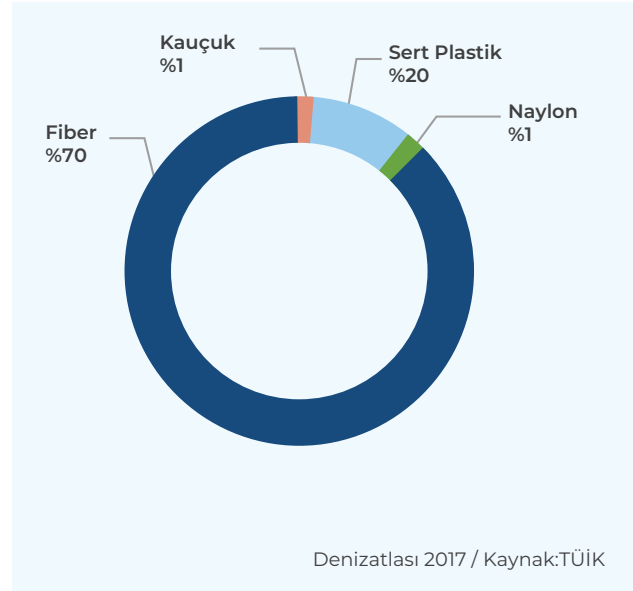
Plastik atıkların yarattığı problemlerin temel sebebi, bu atıklar denize karıştıktan sonra ayrıştırılmasının neredeyse imkansız hâle gelmesidir. Çevresel koşullar nedeniyle denizlere karışan makroplastikler mikroplastik, mikroplastikler de nanoplastik hâline gelir ve toplanmaları da giderek imkânsızlaşır. Denizlere karışan plastik kirliliği bugün dursa bile, bu bozulma süreci devam edeceğinden, denizlerdeki ve sahillerdeki mikroplastik kütlelerinin 2020'den 2050'ye iki kattan fazla artacağı tahmin edilmektedir (Lebreton vd, 2019; WWF, 2022).

Su ortamına karışan ağır metaller de hiçbir yolla parçalanamazlar. Bu yüzden suda çözünmüş bir hâlde veya su içerisindeki partiküllere tutunmuş hâlde bulunurlar. Su içerisindeki ağır metallerin eser miktarda bulunması bile sucul canlılar için toksik etkiye sahiptir. Doğal yollarla kolaylıkla bozamaz ve yok edilemez olmaları, uzun süre bozulmaya uğramadan alıcı ortamda kalabilmeleri ve buldukları ortamdaki canlıların bünyesinde birikerek besin ağı yoluyla diğer canlılara aktarılabilmesi nedeniyle çevre sağlığı için çok tehlikeli maddelerdir (Şavran ve Küçük, 2022).

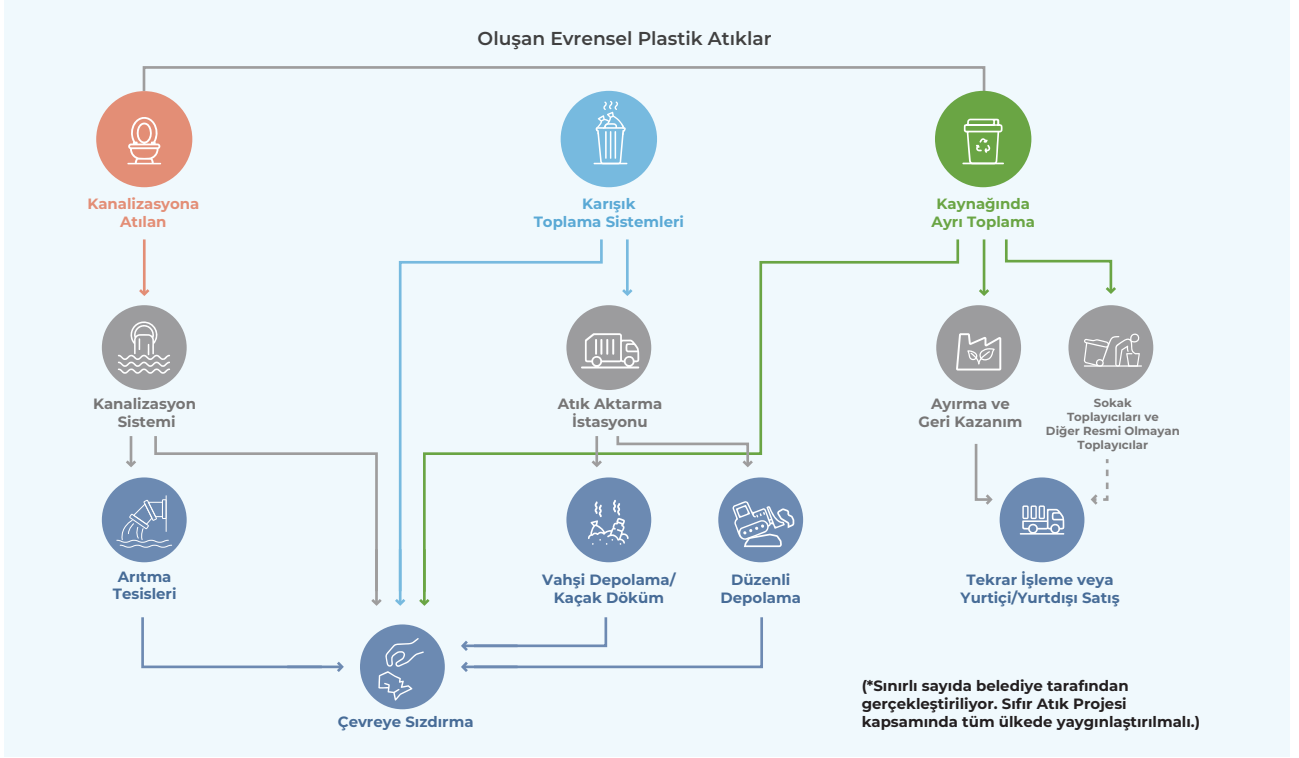
Katı atıkların parçalanmasını sağlamalarının yanında atık su tesisleri, denizlerdeki mikroplastiklerin en

önemli kaynağıdır. Bununla beraber, deşarj edilen kentsel atık sular da mikroplastik parçaları içermektedir. 2016 yılında, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün Doğu Akdeniz kıyılarında yaptığı bir çalışmada, 1 metreküp deniz suyunda 0.29 - 21.23 mikroplastik parçacığı olduğu tespit edilmiştir. Deniz tabanından alınan örneklerde ise bu değerlerin 1 metreküp kumda 100-560 mikroplastik parçacığı seviyelerinde olduğu görülmüştür. Deniz suyundaki mikroplastiklerin tipleri arasında en fazla rastlananlar sırasıyla fiber, polyester ve naylondur (Şekil 3; Deniz Atlası, 2017).

ŞEKİL 3. Barbun ve istavritte rastlanan plastik tipleri (Deniz Atlası, 2017)



Evsel atıklar içinde yer alan plastik atıklar, kanalizasyon ve karışık toplama sistemleri yoluyla doğaya karışmakta ve doğada çözünebilir olmadıkları için de çevreye geri döndürülemez tahribatlar vermektedir. Bu tür atıkların kaynağında ayrıştırılarak toplanması, çeşitli geri kazanım işlemlerine tabi tutulması ve gerektiğinde tekrar işlenmesi yapılabilecek en doğru uygulamadır (Şekil 4).

ŞEKİL 4. Evsel plastik atıklar (WWF, 2021)

Denizlere giren büyük plastikler deniz kuşları, deniz kaplumbağası, balina gibi büyük deniz canlılarının ölümüne neden olurken mikroplastikler zooplankton denilen ve hamsi gibi balıkların yiyeceğini oluşturan çok küçük organizmalar, kabuklular, derisidikenliler, eklem bacaklılar gibi denizdeki canlı grupları tarafından besin zannedilerek tüketilerek canlıların bünyesine dahil olmaktadır. Türkiye'nin Akdeniz sahillerinde 2016 yılında aylık olarak yapılan örneklemelerde, zooplanktonların yaklaşık %10'unu mikroplastiklerin oluşturduğu gözlenmiştir. Yine aynı bölgede yapılan çalışmalarda 28 türe ait 1137 balığın yarısından fazlasının sindirim sisteminde mikroplastik bulunmuştur. Balıklarda en fazla rastlanan mikroplastik türü, genellikle çamaşır makinalarından geldiği düşünülen fiberdir. Fiberi ikinci sırada sert plastikler izler. Bu nedenle besin maddesi olarak tüketilen midyeler, balıklar ve deniz canlıları ve hatta doğrudan denizden elde edilen tuz aracılığıyla mikroplastiklerin besin döngüsüne karışması insan sağlığı açısından risk teşkil etmektedir (Deniz Atlası, 2017).

Denizel alanlara karışan mikroplastiklerin en çok arıtma tesislerinde ve evsel ortamda suya karışan plastiklerden kaynaklandığı bilinmektedir. Bu ölçekteki

karışıma müdahale edilemediği için mikroplastiklerin kaynağı olan ürünlerin envanterleri oluşturularak kirlilik önlenmeye çalışılmalıdır. Önlem listesinde mikroplastik partikülleri içeren ürünlerin yasaklanması veya sınırlandırılmasını kapsayan direktiflerin de yer alması gerekmektedir. Mikro partiküller içeren ürünlerin üretimine, satışına ve ithalatına getirilebilecek yasaklar ile mikroplastiklerin doğaya karışması belli oranda azaltılabilir. Ancak plastik mikro partiküllerin azaltılması, bu partiküllerin yerine kullanılacak alternatiflerin üretilmesi ile de doğrudan ilişkilidir. Bu konuda Türkiye için kısa vadede aşağıdaki eylemler önerilmektedir:

1. Mikroplastik kirliliğine neden olan ürün ve hizmet envanterinin çıkarılması, konuyla ilgili tüm paydaşların bir araya getirilerek mikro partiküllerin alternatiflerinin aranması için birlikte çalışılması.
2. Mikroplastik partikülleri içeren ürünlerin üretim, satış ve ithalatına yasak getirilmesi.
3. Plastik üretimi hammaddesi olan partiküllerin saklama koşullarını düzenlemek ve doğaya karışmasını önlemek için ilgili yönetmeliklerin iyileştirilmesi (WWF, 2021)

2.1.3. Balık Ağları

Denizleri en çok kirleten plastik atıklardan biri, balık ağlarıdır. Artık kullanılmayan balık ağları deniz tabanına yollandığında deniz kirliliğine yol açmakta ve deniz içerisinde yaşayan canlıların yaşamını hem fiziksel hem de kimyasal açıdan tehdit etmektedir.

Balık ağları sucul canlılarda yaralanma, lezyon ve şekil bozukluklarına (büyüme dönemi de dahil) sebep olmakta ve hayvanların diğer avcı hayvanlardan kaçmak için hareket etmesini, yüzmesini ve beslenmesini engellemektedir. Denize bırakılan bu balık ağlarından dolayı hayvanlar açlıktan, boğularak veya kolay av hâline geldikleri için yaşamları sona ermektedir (Law, 2017; WWF, 2018).

Bu sorunun üstesinden gelmek için limanlardaki ve balıkçı barınaklarındaki atık ağların toplanması ve depolanması için olanaklar sağlanmalı, depozito sisteminin uygulanmasıyla toplama verimi artırılmalıdır. Bununla beraber, başta balık ağları olmak üzere balıkçılık malzemelerinin toplama, geri kazanım ve geri dönüşüm hedeflerinin belirlendiği bir mevzuat düzenlenmeli ve bu konudaki yerel uygulamalar artırılmalıdır (WWF, 2021).

2.1.4. Gemi Sökümü

Türkiye’de gemi geri dönüşümü sektörü, hurda demir ihtiyacında yurtdışına bağımlılığı azaltmak ve sektördeki kapasite ve istihdam artışını temin etmek için oldukça önemlidir. İzmir Aliağa’daki tesislerde üretilen hurda metalin 450-500 USD/ton fiyat aralığında olması, sektörün ülke ekonomisine ne derecede bir katkısı olduğunu göstermektedir (İZKA, 2022).

Ülkemizde resmî olarak gemi söküm işlemi, yalnızca İzmir Aliağa’da bulunan tesislerde yapılmaktadır. Aliağa’da, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğünden “gemi söküm yetki belgesi” alan 22 firmaya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından gemi söküm izni verilmiştir. Bu firmalar 28 parselde faaliyetlerini sürdürmektedir (İZKA, 2022).

Bu tesislerde atık yönetimi doğru bir şekilde yapılmazsa çevreye olumsuz etkisi büyük olacaktır. Gemi teçhizatında ve yapısında bulunan tehlikeli maddeler, söküm esnasında ortaya çıkmakta ve bunlar hem havaya hem de çalışma ortamına karışabilmektedir. Bu nedenle söküm tesislerinde çalışma ortamının düzenlenmesi ve iş güvenliği uygulamaları oldukça önemlidir.

Gemi sökümünde ortaya çıkan atıklar atık yağ, sintine veya atık su, yağ ve kimyasalların bulaştığı malzemeler, balast suyu ve tank kalıntılarıdır (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2018.). Bu atık çeşitlerinin her birinin doğaya verdiği zarar, ölçülemez boyuttadır.

Aliağa’da bulunan tesislerde, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının 2007 yılında oluşturduğu atık yönetim ve takip sistemi uygulanmaktadır. GEMİSANDER bünyesinde faaliyet gösteren Atık Yönetim Merkezi biriminde, hurda gemilerdeki mevcut atıkların tespiti, geçici depolanması ve bertarafının sağlanarak ilgili makamlara raporlanması faaliyetleri yürütülmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yapılan düzenleme gereği, gemi geri dönüşüm (GGD) tesisleri atık üreticisi yükümlülüklerini münferit olarak da yerine getirme görevini üstlenmeye başlamıştır (İZKA, 2022). 28 farklı arsada, aktif olarak faaliyet gösteren 22 GGD tesisi bulunmaktadır (TOKİ, 2020). Bu tesislerden dokuzu AB listesinde yer almaktadır ve her tesisin kendi tüzel kişiliği, çalışanları, işletme izinleri ve 2021’den beri de geçici atık depolama alanları bulunmaktadır (NGO Shipbreaking Platform, 2023; İZKA, 2022).

2.2. Etobur Çiftlik Balığı Yetiştiriciliği

Türkiye’de en çok yetiştirilen türler arasında yer alan çipura ve levrek gibi etobur türlerin beslenmesinde kullanılan yemler, genellikle avcılık yoluyla elde edilen küçük balıklardan üretilmekte, bu da balık stoklarının azalmasına yol açmaktadır. Çipura ve levrek üretimi için yaklaşık %60-80 oranında hayvansal protein içeren balık yemine ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye’de ise çipura ve levrek üretimi için genellikle %40-45’i balık unu, %12-13’ü balık yağı ve %40- 45’i diğer protein kaynaklarından oluşan balık yemi kullanılmaktadır. Sektör, bu yem dönüşüm oranını (FSR), başka bir deyişle bir kilo çiftlik balığı yetiştirmek için gereken avlanmış balık oranını düşürebilmek için bazı çalışmalar yapsa da yemdeki balık içeriği, ürünün sağlığı ve kalitesi için henüz tüm dünyada etobur çiftlik balığı üretiminin vazgeçilmez bir ögesi olarak görülmektedir. Çiftlik balığı üretiminde yem dönüşüm oranı Türkiye’de levrek için 1,8 ve çipura içinse 1,6 civarındadır. Yani bir kilo çiftlik çipurası veya levreği üretebilmek için bir buçuk kilodan fazla yabancı balığın avlanmasına ve yeme dönüştürülmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Deniz Atlası, 2017).

Türkiye’de balık yemi için en çok kullanılan tür olan hamsi tüketimiyle ilgili oranlar incelendiğinde bu durum daha iyi anlaşılır. 1950 ve 1960 arasında üretimin neredeyse tamamı doğrudan insan tüketimine yönlendirilirken, 2013’te hamsinin %56’sı balık unu ve balık yağı üretimine gönderilmiştir. Yani doğru insan tüketiminde kullanılabilir, fiyat olarak daha ucuz ve besin yönünden de zengin bir kaynak olan hamsinin büyük bir oranı, balık çiftliklerinde yem olarak kullanılacak ve hamsiden daha pahalıya satılacak veya ihraç edilecek bir balık üretmek üzere yem fabrikalarında kullanılmaktadır. Bu durum, hem hamsi ve çaça gibi balıkların avcılığı üzerindeki baskıyı artırmakta hem de balığı daha erişilebilir bir gıda olmaktan çıkarıp daha lüks bir tüketim ve ihraç ürünü hâline getirme riskini taşımaktadır. Yabancı balık stokunun aşırı avlanmasıyla yaklaşan hatta aşılacak ekolojik sınırlara teknik bir çözüm olarak sunulan balık

çiftlikleri ile türlerinin devamı tehdit altındaki yabancı balıkların avlanmasına gerek kalmayacağı, teknoloji-den yararlanılarak daha kontrollü bir üretimle yılın her ayı istenilen balığın piyasaya ve tüketicinin sofrasına sunulabileceği savunulsa da gerçekte balık çiftlikleri, denizlerde tükenmekte olan balık stoklarına bir alternatif sunmaktan ziyade, stokların durumunu daha da kötüleştirebilmektedir (Deniz Atlası, 2017).

2.3. Aşırı Avlanma ve İstilacı Türler

İklim değişikliğine bağlı denizlerdeki sıcaklık değişimleri nedeniyle denizlerdeki canlılar, daha soğuk ve daha derin sulara doğru hareket etmekte ve kıyılardan uzaklaşıp kutuplara doğru ilerlemektedir. Bunun sonucunda, kutuplarda balık türleri ve sayıları artarken dolaylı olarak bazı bölgelerde azalmaktadır. Aşırı ısınan bazı bölgelere uyum sağlayamayan türler ise yok olma riski ile karşı karşıya kalmaktadır. Bununla birlikte, tüm türler aynı hızda hareket etmediğinden av ve avcı türler arasındaki ilişkiler de değişmektedir (WWF, 2022).

Dünya genelinde balık popülasyonunun %33’ünün aşırı avlandığı, %59’unun da sınırda olduğu bilinmektedir (FAO, 2018; WWF, 2022). Avlanmanın bu şekilde devam etmesi hâlinde, yakın zamanda birçok balık popülasyonunda büyük düşüşlerin yaşanacağı ortadadır. İklim değişikliği ve çevre kirliliğinin getirdiği olumsuz durumlar nedeniyle de dünyada bir balıkçılık krizinin yaşanması beklenmektedir (WWF, 2022).

Yıllardan beri aynı koya dalyan kurup orkinos avlayan Saros Körfezi’ndeki balıkçılar, eskiden geceleri orkinos sürülerinin seslerinden uyuyamadıklarını, orkinos sürülerinden kaçan daha küçük türlerin de kıyıya kaçtıklarını ve küçük kıyı balıklarının da bu balıkları avladıklarını anlatıyor. Günümüzdeyse bu büyüklükte bir orkinos sürüsünün o kıyılara ulaşma şansının bile olmadığı, neredeyse hepsinin daha göç sezonu bitmeden ve yumurtlamak için çıktıkları rotalarını bile tamamlayamadan büyük balıkçı filoları tarafından yakalandığı bilinmektedir (Atlas Dergisi).

Bu nedenle kontrolsüz avcılık hem balık miktarını hem de çeşitliliği etkilemektedir.

Balık rezervlerinin giderek azalması yalnızca denizde yaşayan canlı türü sayısını ve sualtı ekosistemini kötü etkilemekle kalmaz, aynı zamanda geçimini su ürünlerinin avcılığı ile sağlayan insan topluluklarının gıda güvenliğini de tehdit eder. Bu nedenle aşırı ve yasa dışı balıkçılığın önlenmesi için aşağıdaki tedbirlerin alınması gerekmektedir:

- ▶ Etkin izleme ve kontrol sistemlerinin oluşturulması
- ▶ Daha sürdürülebilir balıkçılık yöntemlerinin desteklenmesi
- ▶ Küçük ölçekli balıkçılığın desteklenmesi
- ▶ Balıkçılığa dayalı planlamaların uzun vadeli ve bölgesel odaklı yapılması
- ▶ Bayrak türlerin ve habitatların korunması için yönetilen deniz alanlarının kullanılması
- ▶ Amatör balıkçılığın düzenlenmesi
- ▶ Bilinçli bir tüketim anlayışının geliştirilmesi (www.wwf.org)

Bu tedbirlerin yanında ayrıca deniz kaynaklarından yararlanma da bilimsel kanıtlara göre belirlenmelidir. Balık stoklarının sürdürülebilir seviyede kalabilmesi için güvenli sınırlar içinde toplanan balık popülasyonunun yönetimi sağlanmalıdır. İstenmeyen avlanma ve balıklarla birlikte hedef dışı avlanma da dahil olmak üzere olumsuz etki yaratacak faaliyetleri önlemek için koruma referans noktaları oluşturulmalıdır (WWF, 2019).

Günümüzde balık stoklarını ve doğal yapıyı tehdit eden bir diğer faktör artan istilacı türlerdir. Doğal yollarla veya insan faaliyetleri sonucunda mevcut ekosistemlerinden ait olmadıkları bölgelere taşınan türlere “tanıştırılmış türler” ya da “yabancı türler” adı verilir. Bu türlerin birçoğu, taşındıkları alanlarda yaşamlarına devam edememekte ancak bazıları da hayatta kalmayı becererek gittikleri alanda biyoçeşitliliğe katkı sağlamaktadır. Gittikleri bölgedeki avcı, parazit ya da hastalık gibi doğal kontrol mekanizmalarından etkilenmeyen bu türler, hızlı bir şekilde artarak zamanla yerleştikleri çevreyi işgal edecek duruma gelebildiklerinden aynı zamanda istilacı türler olarak bilinir. Bu türlerin ekosistem, balıkçılık ve deniz balıkları yetiştiriciliği, insan sağlığı, endüstriyel kalkınma ve altyapı üzerinde ciddi etkileri vardır (UICN, 2018).

Balon balığı, sokar balığı, aslan balığı, zehirli omurgasızlardan olan deniz kestanesi, deniz çiyanı ve deniz anaları en zehirli istilacılar arasında sayılmaktadır. Bazı türleri azaltan, balıkçılık faaliyetlerini etkileyen, insan sağlığına zarar veren etkileri ile öne çıkan bu türlerden uzak durulması tavsiye edilmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından uygulanan çeşitli politikalarla da bu türlerin kontrol altında tutulması ve sayılarının azaltılması amaçlanmaktadır. Karadeniz’de taraklı deniz anası, kaykay (*Mnemiopsis leidyi*), deniz salyan-goğu (*Rapana venosa*), Ege Denizi ve Akdeniz’de katil yosun (*Caulerpa taxifolia*), balon balığı (*Lagacephalus sceleratus*), aslan balığı (*Pterois miles*) ve su sümbülü (*Eichornia crassipes*) denizlerimizde görülen en tehlikeli istilacı yabancı türlerdir (istilacılar.org).

Zehirli ve istilacı türlerin yayılmasında, gemi balast suları önemli rol oynamaktadır. Özellikle tankerlerde ve dökme yük taşıyan gemilerde, dengein korunması amacıyla ağırlık olarak tanklara çekilen deniz suyuna balast suyu denilir (Körpe, 2009). Bu yöntemle kirlilik içermeyen ancak içerisinde milyonlarca farklı mikroorganizma ve patojen içeren deniz suyu, ait olmadığı alanlara taşınmakta ve bu şekilde bakteriler, çeşitli mikroorganizmalar, planktonlar, küçük omurgasızlar, larvalar ve yumurtalar kolaylıkla yer değiştirmektedir. Hemen hemen bütün deniz canlıları, hayat döngülerinin bir bölümünde planktoniktir. Bu nedenle ergin hâlde tanklara giremeyecek kadar büyük olan birçok tür, gemilerin balast alım devrelerinden ve pompalarından planktonik hâldeyken giriş yapıp daha sonra rahatlıkla yayılabilmektedir (Aşıkoğlu, 2014).

İstilacı türlerin balast suyu vasıtası ile yer değiştirmesini önlemek amacıyla Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından hazırlanan “Gemi Balast Suları ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Hakkında Uluslararası Sözleşme (BWMC)” ile balast suyu arıtma sistemlerinin gemilerde kullanılması zorunlu hâlde getirilmiştir (Akdoğan, 2018). Ancak bu türlerin yayılımında yalnızca gemi hareketlerinin etkisi olmadığı ve iklim değişikliği ile beraber sucul alanların şartları da değiştiği için istilacı türlerin sebebiyet verdiği olumsuz etkiyi azaltmak adına bütüncül bir çalışma yapılması gerekir.

2.4. Karbon Ayak İzi

Denizlerde yürütülen balıkçılık faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ ayak izi, küresel emisyonlara dâhil olmaktadır. Küçük ölçekli balıkçılıkta daha verimli yakıt kullanımı söz konusu olduğundan bundaki emisyonun toplam emisyonlara oranı düşüktür. 2018 yılında yapılan bir ölçüme göre de toplam emisyonun sadece % 0,6'sını oluşturmaktadır. Ancak CO₂ emisyonu, deniz ekosistemi için çok önemlidir ve yaşanan değişim sucul canlıların yaşam koşullarını etkileyebilmektedir. Önemli karbon tutucular olan deniz çayırları, mangrov ormanları ve sağlıklı balık stokları bozulmaktadır. Bu türlerin öncelikli olarak korunmaya ihtiyacı vardır. Bu nedenle aşağıdaki önlemlere dikkat edilmelidir:

- ▶ Küçük balıkçılıkta kullanılan teknelerin daha düşük hızda kullanılması.
- ▶ Çok fazla yakıt tüketen mekanik av araçları yerine, yakıt harcamayan pasif av araçlarının kullanılması.
- ▶ Yakıt ve tekne verimliliğini artırılması (Ancak burada da avlanma süresinin sürdürülebilir sınırlar içinde kalmasını sağlamak için avlanma verimliliğindeki artışlar dikkatli bir şekilde yönetilmelidir.) (WWF, 2022).

Sektördeki karbon ayak izi konusunda yetiştiricilik faaliyetlerine bakıldığında, en çok emisyonun tesislerde kullanılan elektrikten kaynaklandığı görülür. Bu

nedenle üretim aşamasında elektrik tasarrufu, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve verimliliğin artırılması önemlidir.

2017 yılında Avrupa'da yürütülen kültür balıkçılığı faaliyetlerinde elektrikli tekneler kullanılmaya başlanmıştır. Bu tekneler, hem emisyonu önlemekte hem de sessiz çalıştıkları için gürültü kirliliğine sebebiyet vermemektedir. Tamamen elektrikli olanlar yerine hibrit çalışan teknelerin kullanılmasının bile sektör faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izinin düşürülmesi için etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir (EU, 2023).

Artan nüfusa paralel olarak gıda sektörünün de giderek büyümesi, gıda üretimi sırasında açığa çıkan sera gazı miktarını da artırmaktadır. Gıda üretimleri sırasında açığa çıkan sera gazı miktarını araştıran bir çalışma, 200 gram sığır eti tüketmenin 12 kg, 200 gram kuzu eti tüketmenin de 8,1 kg CO₂ emisyonuna neden olduğunu ortaya koymuştur. Bu değerler 200 gram balık (salmon/tuna) tüketiminde 1,6 kg ve 200 gr karides tüketiminde de 2,4 kg olarak hesaplanmıştır (Treeprint Report, 2021). Dolayısıyla hem artan gıda ihtiyacını karşılamak hem de üretimde çevrenin etkilenmesini minimuma indirebilmek için kültür balıkçılığının daha fazla faydalanılmasıdır.



BÖLÜM 3.

Sürdürülebilir Yöntemler

Su ürünleri sektöründe verimliliği artırmak, enerji kullanımını, atığı ve kirliliği azaltmak sürdürülebilirlik bakış açılı birtakım çözüm önerilerini ve bunlara ilişkin yenilikçi çalışma alanlarını beraberinde getirmektedir.



3.1. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Sürdürülebilir Atık Yönetimi

Su ürünleri yetiştiriciliğinde, üretim ortamının ana malzemesi su olduğu için suyun verimli kullanımına dikkat edilmesi gerekmektedir. Kullanılan suyun tekrar kullanılabilmesi için çeşitli filtrasyonlardan geçirilmesi gerekmektedir. Bunun için de hem fiziksel hem de biyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Ancak suyun içinde bulunan maddelere atıktan ziyade kaynak olarak yaklaşılması ve bu şekilde değerlendirilmesi sürdürülebilirlik anlayışı için çok değerlidir. Yetiştiricilik sırasında besin artıkları, balık artıkları veya azot, fosfor, nitrit gibi bileşiklerin atıkları oluşmaktadır. Ortaya çıkan atıkların en aza indirilmesi için uygulanabilecek çeşitli yöntemler şunlardır:

- a) Su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel etki düzeyinin azaltılabilmesi için "İyi Yönetim Uygulamaları"na (İYU) su ürünleri işletmeleri çıkış sularının arıtımında da uyulmalıdır.
- b) Sıfır atık yaklaşımı çerçevesinde azot ve fosfor gibi atık su içindeki elementlere gıda ürününe dönüştürülebilecek değerli besin elementleri oldukları bilinciyle yaklaşılmalıdır.
- c) Yapay sulak alanların atık sudaki nitrit azotunun tamamına yakını uzaklaştırabiliyor olması, arıtımda da başarıyla kullanılabilmesinin bir göstergesi olarak dikkate alınmalıdır.
- d) Farklı trofik seviyelerden yararlanmayı sağlayan ve akuaponik sistemler gibi farklı organizma ve besinlerin de üretimini sağlayan sistemlerin kullanılması arttırılmalı, çıkış sularının kullanımı ve atık arıtım yöntemleri değerlendirilmelidir.
- e) Atık su içerisinde yer alan besin artıkları, çevreye uyumlu şekilde çalışan sistemler vasıtasıyla biyokütleyle çevrilerek hem sürdürülebilirlik sağlanmalı hem de kârlı bir yetiştiricilik modeli geliştirilmelidir (Yıldız ve Pulatsü, 2022).

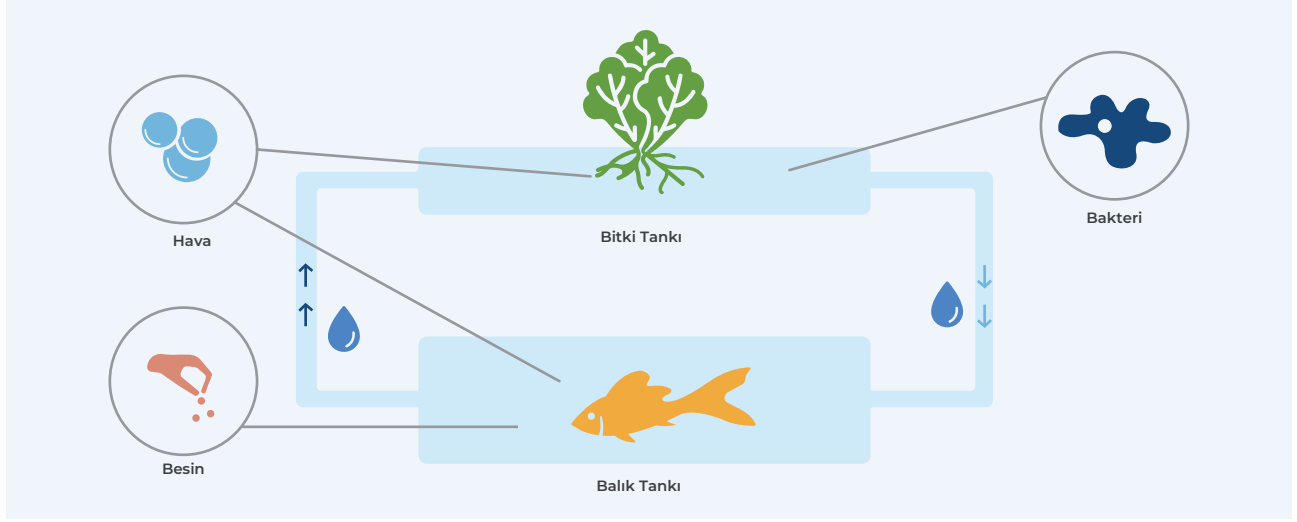
3.1.1. Akuaponik Sistemler

Dünyadaki nüfus artışı ile beraber doğal kaynakların kullanımı da artmaktadır, bu yüzden su ve hammadde kullanımında da bilinçli bir yol izlenmesi gerekir. Özellikle endüstriyel alanların giderek artması ve çok miktarda suyun kontrolsüz şekilde sanayide kullanılması, mevcut su rezervlerini tehdit etmektedir.

Suyun üretimde kullanılmasına ilaveten, atıkların boşaltılması sırasında da çok miktarda su harcanmaktadır. Bu durumsa su tüketimini arttırmaktadır. Bu yüzden su tüketiminin veya su deşarjının fazla olduğu sektörlerde, çökertme havuzu ve atık su arıtma tesisi gibi uygulamalar kullanılmaktadır. Bu uygulamalarla atık suların kirletici bileşiklerden arındırılarak sistem içerisinde tekrar kullanılması ve böylece sudan tasarruf edilmesi amaçlanmaktadır.

Tarımsal üretimde de suyun bilinçsizce kullanılması, hem doğal kaynakların tüketilmesine hem de toprakların zarar görmesine sebep olur. Bu yüzden tarım arazilerindeki kayıpları önlemek, ürün verimliliğini arttırmak, mevsimsel riskleri azaltmak, zirai kalıntı sorunlarının önüne geçmek ve su kullanımında tasarruf için alternatif tarım yöntemleri araştırılmaya başlanmış ve bu bağlamda topraksız tarım yöntemlerinden biri olan hidroponik sistemler kullanıma girmiştir. Bu sistemlerde bitkiler, suyun içerisinde ve suya verilen bitki besleyici bileşikler sayesinde yetiştirilmektedir.

Akuaponik sistemler ise su ürünleri yetiştiriciliği ve hidroponik sistemin birleştirilmesiyle ortaya çıkan alternatif bir sürdürülebilir üretim modelidir. Bu modelde, akuakültür kısmında oluşan balık atıkları ayrıştırılarak hidroponik kısımdaki bitkiler beslenir. Bu iki sistem arasındaki su geçişi kontrollü şekilde yapıldığından sistemlerin birbirini olumsuz etkilemesi de önlenir. Bu sistem için temiz ve mineral yönünden dengelenmiş su kullanılmalıdır. Sistemin sürdürülebilirliği için de güneş paneli şarttır. Güneş paneli ile elde edilen elektrik, su devir daim pompasını çalıştırır ve bu şekilde akvaryumdaki su bitki tankından geçerek devir daim eder (Şekil 5; Kargın ve Bilgüven, 2018).

ŞEKİL 5. Akuaponik sistem şeması (Aquaponicsplan, 2015; Kargın ve Bilgüven, 2018)

Akuaponik sistemlerde kullanılan su, bitki ve balık tankları arasında sürekli döner. Burada oluşan balık atıkları bitkiler için doğal gübre görevi görürken, bitkiler ve suda bulunan yararlı bakteriler ortamdaki amonyağı ve diğer azotlu bileşikleri sudan uzaklaştırır. Bu şekilde su, balıklar için de temizlenmiş olur. Kısacası akuaponik sistemlerde bitkiler, balık atıklarını besine dönüştürürken suyu da arıtmış olur (Mukharjee, 2013; Kargın ve Bilgüven, 2018).

Akuaponik sistemlerde hormon, herbisit, pestisit ya da suni gübre kullanılmadan yapılan yetiştiricilik, çevrenin kirlilik yükünü azaltmakta ve ekolojik ürünler yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Akuaponik sistemlerde topraklı bitki yetiştiriciliğinde harcanandan %90 daha az su kullanılır. Dolayısıyla akuaponik sistemlerin yaygınlaştırılması, doğal su kaynaklarının korunmasına da büyük bir fayda sağlar ve çok yönlü uyarlanabilir sistemler olduklarından küçük ya da büyük ölçekli farklı tasarımları geliştirilebilir. Bu yüzden sürdürülebilir tarım için oldukça elverişli ekolojik sistemlerdir (Kargın ve Bilgüven, 2018).

Akuaponik sistemlerin sağladığı önemli avantajlar şunlardır:

- Suyun ve enerji kaynaklarının kıt olduğu bölgelerde güneş enerjisinden yararlanılarak uygulanabilmektedir (Quillere vd., 1993).
- Sistem, su kaynağına olan mesafe ve toprak yapısı dikkate alınmadan herhangi bir kentsel alanda kurulup hemen hemen bütün iklim şartlarında

işletilebilmektedir (Clarkson ve Lane, 1991).

- Geleneksel tarım sistemlerinde kullanılan sulama teknikleri bu sistemde gerekmemekte, bu sayede hem su giderleri hem de tüketim miktarları diğer yetiştiricilik koşullarına göre düşük olmaktadır.
- Balıklar tarafından sisteme bırakılan çözünmüş besinler sayesinde bitkiler gübre kazanmakta ve bu nedenle ek gübreleme de gerekmemektedir.
- Bütün yıl boyunca istenilen zamanda yetiştiricilik yapılabilmektedir.
- Üretim şekli ekolojik ve sürdürülebilir tarıma ve organik yetiştiricilik şartlarına uygundur. Sistem altyapısı ve teknolojisi gelişen ülkelerde kolayca düzenlenebilir ve bu uygulama sayesinde yerel gıda güvenliği de sağlanabilir.
- Endüstriyel ölçekte kurulacak bir sistem ile uygun maliyetli, sağlıklı ve sürekli gıda da sağlanabilir (Türker, 2018).

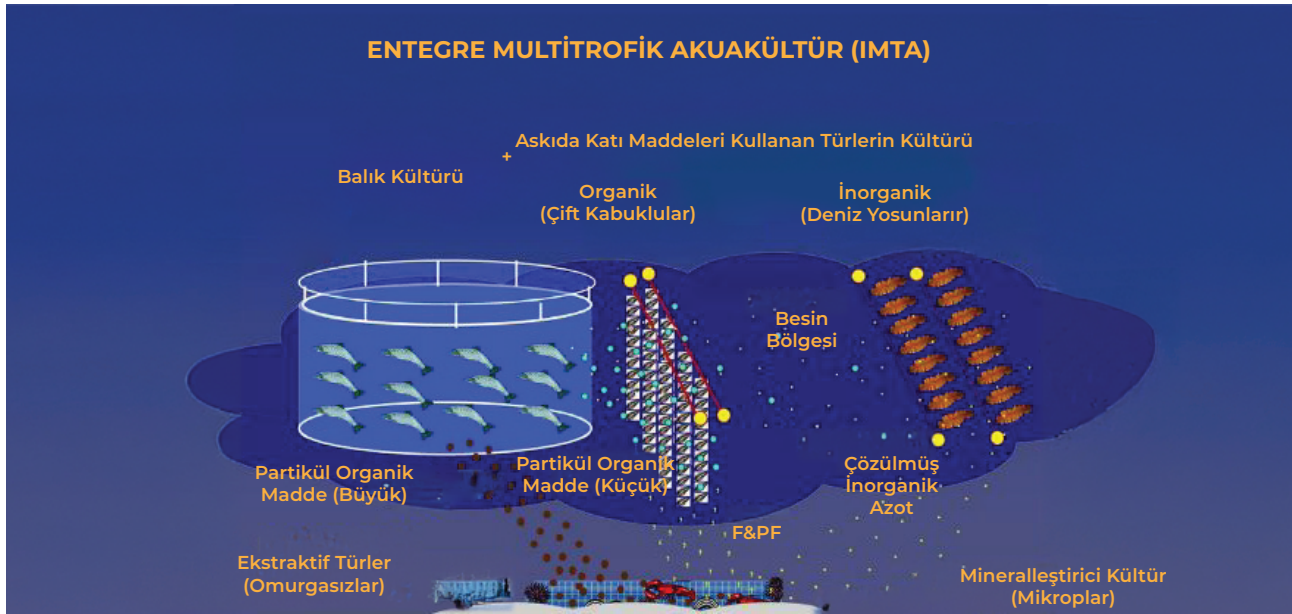
Bununla birlikte, uygulamada sistemin kurulacağı yerin ve kullanılan malzemelerin maliyeti yüksektir. Sistemde meydana gelebilecek elektrik kesintileri, borularda tıkanmaya ve su kalitesinde ani bozulmalara sebep olarak akuatik canlıların ölümüne yol açabilir. Akuaponik sistemin sağlıklı bir şekilde işlemesi için suyun temiz ve mineral yönünden dengelenmiş olması gerekir. Sürdürülebilir bir akuaponik sistem için güneş paneli de şarttır. Güneş paneli ile elde edilen elektrik, su devir daim pompasını çalıştırır ve bu şekilde akvaryumdaki su bitkilerin içinden geçerek devir daim eder (Kargın ve Bilgüven, 2018).

3.1.2. Entegre Multi-trofik Sistemler (IMTA)

Entegre multi-trofik sistemlerde iki ya da daha fazla ürün, bütünleşik bir sistem sayesinde birlikte üretilir. Bu sistemlerde, akuaponik ve özellikle denizlerde farklı trofik seviyelerde yetişen balık, midye ve yosun gibi ürünler üretilmektedir (Şekil 6). Bu sistemlerin temel prensibi, su ürünleri yetiştiriciliğinden gelen atık suların içindeki çözünmüş besin elementlerinin

trofik zincirin daha alt seviyelerindeki türler tarafından tüketilmesidir. Akuaponik sistemde olduğu gibi bu sistemlerde de simbiyotik ilişki söz konusudur ve burada amaç, farklı trofik seviyelerdeki çeşitli organizmaların yetiştiriciliği ile doğal ekosistemin taklit edilmesidir (Şekil 6; Chopin, 2013; Yıldız ve Pulatsü, 2022).

ŞEKİL 6. Entegre multi-trofik sistemlere örnek bir şema (Batır, 2022)



Midye ve ıstırdye gibi deniz kabukluları içinde buldukları suyu filtreler ve suyun içindeki mikroskobik canlılardan beslenir. Bu nedenle suyun temizlenmesinde deniz kabuklularının rolü büyüktür. Entegre multi-trofik sistemlerde de bu işlevlerinden dolayı mikroalgler ile birlikte deniz kabukluları kullanılmaktadır. Sistem içerisinde yetiştirilen balıklardan

gelen atıklar, önce deniz kabuklularının bulunduğu alandan geçerek mikroalglerin bulunduğu bölüme gelir. Böylece hem kültür balıkçılığında kullanılan su temizlenir hem de bu sudan iki farklı trofik tür faydalanır. Sistem içinde kullanılacak deniz canlılarının kademelere göre dağılımı şöyledir:

TABLO 1. IMTA sistemi için örnek tür sıralamaları (Batır, 2022)

1. Kademe	2. Kademe	3. Kademe	4. Kademe
Balık	Midye	Makroalg	Deniz hıyarı
Karides	Makroalg	Deniz kestanesi	
Balık	Makroalg	Deniz hıyarı	Deniz solucanı
Balık	Istakoz		

Karbon salımına sebep olan üretim sektörleri arasında su ürünleri yetiştiriciliği sonlarda yer alsa da üretim esnasında atık yemler ve dışkıları oluşur ve bu atıklar da fosfor, karbon ve azot gibi bileşiklerin sudaki miktarını artırır. Entegre multi-trofik sistemler, bu zararlı bileşiklerin birikimini azaltmak için kullanılabilir bir döngüsel ekonomi modelidir.

Pirinç tarlalarında balık ve diğer sucul canlıların yetiştirilmesi eski IMTA yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde pirinç tarlaları balıklar için yaşam alanı sağlar, balıklar da sudaki diğer organik parçacıklarla beslenir. Pirinç ve balığın tek bir alanda yetiştirildiği bu sistem, Asya ülkelerinde yıllardır uygulanmaktadır. Ancak Avrupa ve Batı dünyası için IMTA yeni bir sistemdir. Bu konuda yapılan çalışmalarda 2000'li yıllarda henüz başlamıştır (Batır, 2022).

Avrupa Birliği'nin 2019'da yürürlüğe soktuğu Yeşil Mutabakat, iklim kriziyle mücadele kapsamında temiz enerji, sürdürülebilir gıda üretimi, sanayi, ulaşım ve biyoçeşitlilik gibi alanlardaki hedeflerden oluşan eylem planları sunmaktadır. Bu hedeflerin nihai amacı, 2050'ye kadar karbon emisyonlarının sıfırlanması, kaynak kullanımından bağımsız olarak ekonomik büyümenin ve hiçbir bölgenin ve kişinin de bu gelişmelerin dışında bırakılmamasıdır. Mutabakatta IMTA sistemleri de üretkenlik ve kaliteli ürün tedarikini artırırken su ürünleri yetiştiriciliğinde döngüsel ve sürdürülebilir uygulamalar sağlamanın da bir yolu olarak görülmektedir. Yani IMTA, balık yetiştiriciliğinin çevreye etkisini azaltan bir yöntem olması sebebiyle Avrupa'nın Yeşil Mutabakat'ına da uygundur (Batır, 2022).

3.2. Yetiştiricilik Faaliyetlerinin Çevreye Etkisi

Yetiştiriciliğin temel girdisi olan yemler, organik ve inorganik maddelerden oluşmakta, genel olarak %0.9-1.5 oranında fosfor ve %7-8 oranında azot içermektedir. Yemlerle alınan azot miktarı balık türlerine göre değişmekle beraber yaklaşık %20-30 oranındadır, geri kalan %70-80 ise suya geri atılır. Fosfor, azot, organik maddeler

ve sudaki asılı katı maddeler ise balık çiftliklerinde kirliliğe yol açan etmenlerdendir (Yıldırım ve Korkut, 2004). Alvaroda tarafından yapılan bir çalışmada (1997), 1000 kg çipura üretmek için 1800 kg yem gerektiği ve bu miktarın %1 oranında (18 kg) fosfor ve %7,38 oranında (135,4 kg) nitrojen içerdiği belirtilmiştir. Üretim sonucunda balık vücudunda 5 kg fosfor, 30 kg nitrojen bağlanırken ortama 180 kg katı madde, 13 kg fosfor ve 105,4 kg nitrojen suya bırakılmaktadır. Bu maddelerin suda çoğalması suyun kirliliğini arttırmaktadır. Ayrıca sudaki azot ve fosfor oranının fazla olması da alg üretiminin aşırı artmasına, oksijen miktarının azalmasına ve ötrofikasyona neden olmaktadır (Jahncke ve Schwarz, 2002). Yetiştiricilikten kaynaklanan ötrofikasyonun kapalı havzaların ışık geçirgenliğinin azalmasına, besin elementi, elektrik iletkenliği ve klorofil-a miktarının artışına neden olabildiği belirtilmiştir (Bahadır vd., 2011).

Kültür ortamında yetiştirilen türlerde hastalık olması ve bunların ilaçla tedavisi yaygın bir uygulamadır. Verilen ilaçların bir kısmı canlılar tarafından emilirken bir kısmı da suya karışmaktadır. Bu nedenle balık hastalıklarının iyileştirilmesinde ilaç kullanılması, suyu kirlüten faktörlerin başında gelir. Bu yüzden yetiştirilen canlıların hastalığa daha az yakalanması ve suya salınan ilaç miktarının azaltılması için su canlılarına aşı uygulaması yapılır. Canlıların hastalığa dirençlerini arttırmak için de probiyotik ve prebiyotik kullanılır. Bununla birlikte kültür şartlarını iyileştirmek, aşırı stok yoğunluğunu önlemek ve hijyen kurallarına uymak da alınabilecek tedbirler arasındadır (Çağırğan, 2008; Bahadır vd., 2011).

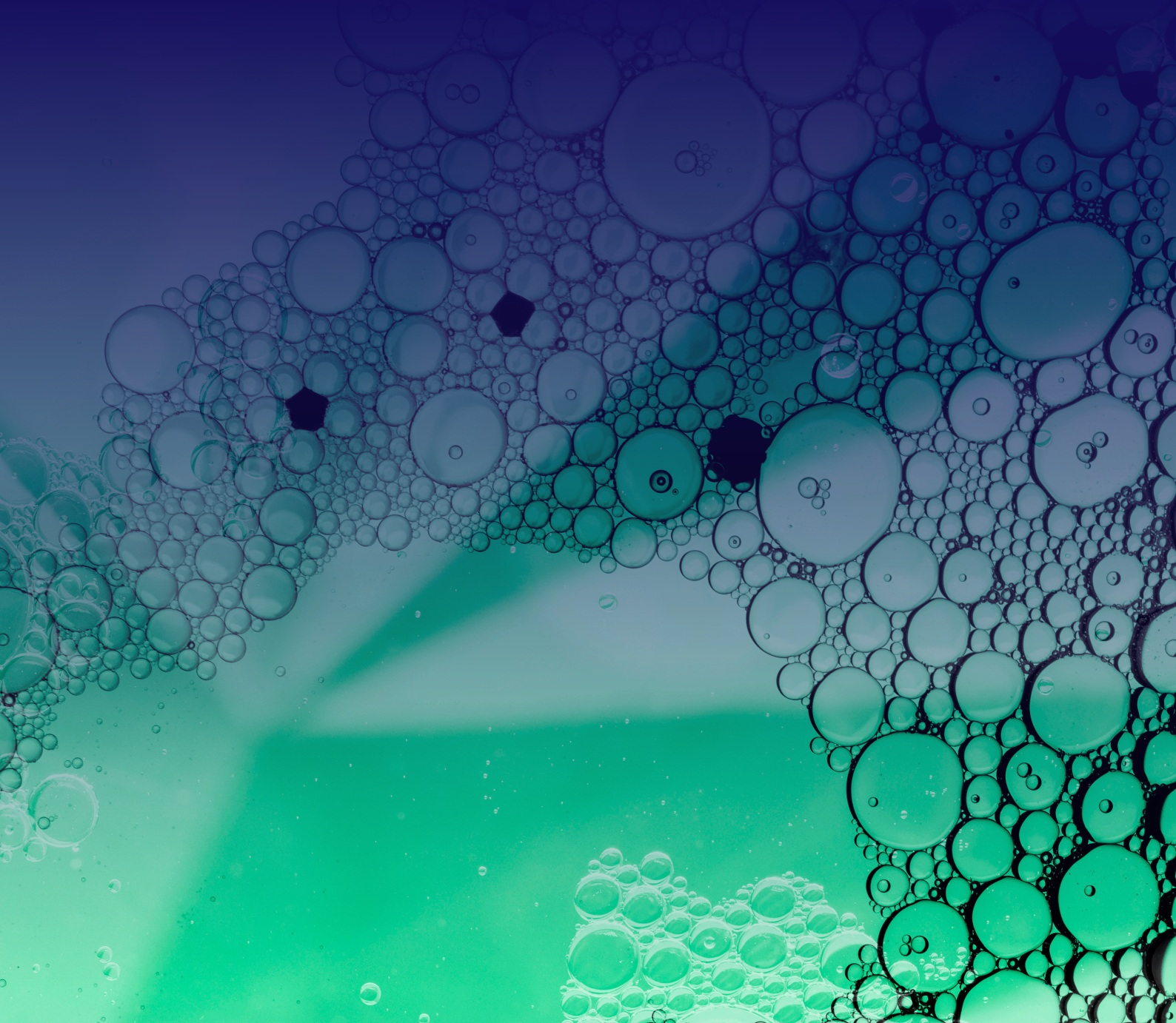
Yetiştiricilikte ortaya çıkan atıkları değerlendirilmede şu uygulamalar örnek alınabilir:

- ▶ Yetiştirme çiftliklerinin ve tarım endüstrisinin atıkları, diğer alanlarda değerlendirilebilir.
- ▶ Havuzlarda biriken humus, tarımda gübre olarak kullanılabilir.
- ▶ Çiftlik hayvanlarının gübreleri, balıkların önemli besinlerinden olan planktonların gelişimini uyarmak için kullanılabilir.
- ▶ Tahıl endüstrisinin yan ürünleri, balık yemi olarak değerlendirilebilir.
- ▶ Sucul sistemlerdeki anaerobik ayrıştırıcılar, bazı durumlarda metan gazı üretiminde kullanılabilir (Barnum ve Tepe, 2016).



BÖLÜM 4.

Algal Biyoteknoloji



Biyoteknoloji kavramı, ilk olarak 1917 yılında Macar mühendis Karl Ereky tarafından “canlıların yardımı ile yapılan tüm üretim işleri” olarak tanımlanmıştır. Bu kavram gıdanın sürdürülebilir biçimde teminine, su kalitesinin iyileştirilmesine, yenilenebilir enerji üretimine, hayvan ve insan sağlığının iyileştirilmesine, çevre kirliliğinin önlenmesine ve biyoçeşitliliğin korunmasına yönelik birçok teknolojik çözüm sunar (T. C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015). Aynı amaçlar doğrultusunda alglerin kullanım alanlarının araştırılması ve yenilikçi yöntemler geliştirilmesi de algal biyoteknoloji olarak ifade edilir.

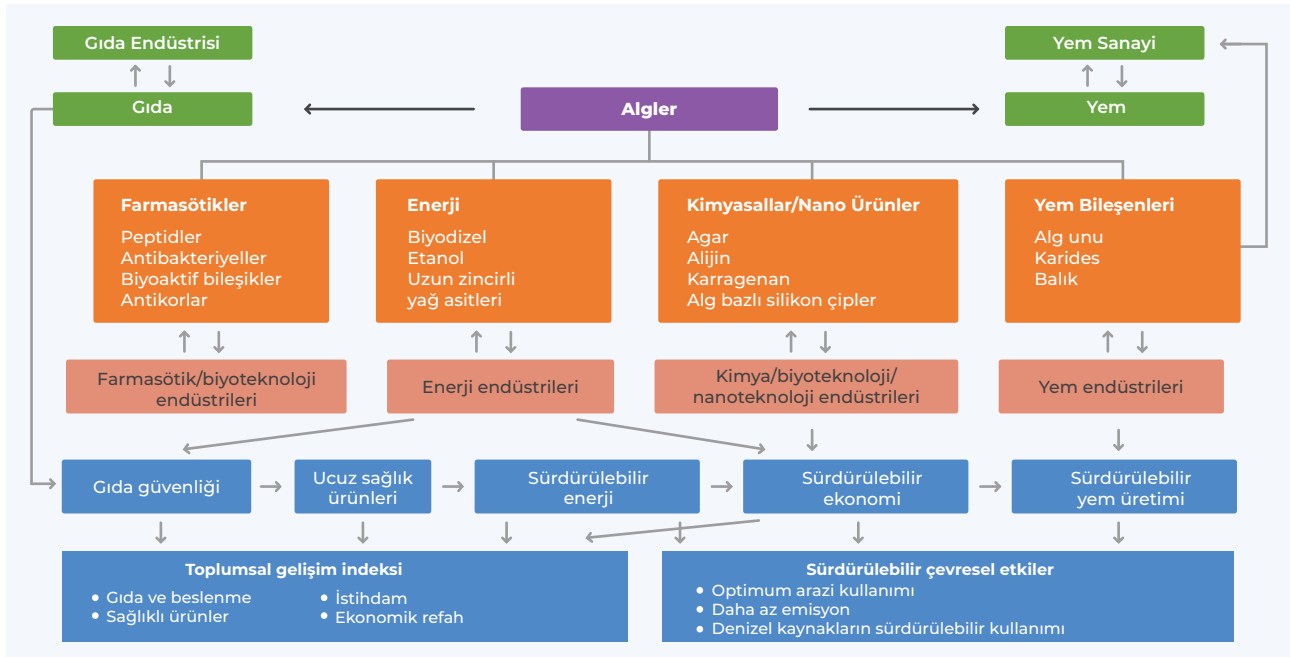
Algler; güneş ışığı, su ve karbondioksiti biyokütle-ye dönüştürebilen hücre fabrikalarıdır. Mikroalg ve makroalg olmak üzere büyüklüklerine göre ikiye ayrılan algler türleri, yetiştikleri bölgeye, mevsimsel

koşullara, hasat şekillerine, depolama koşullarına ve işleme tekniklerine göre değişiklik gösterebilmektedir (Şirinyıldız ve Yorulmaz, 2022).

“Mavi-yeşil alg” de denilen mikroalgler, denizlerde ve tatlı sularda yaşayan çok küçük su bitkileridir. Yalnızca mikroskop altında görülebilen, su içerisinde asılı duran ve binlerce türü olan bu canlılar, yüksek protein içeren yapıları ve çabuk üremeleri nedeniyle kültür olarak yetiştirilebilmektedir. Üretimi için tarıma uygunluk aranmamakta ve yıl boyu kültüre alınabilmektedir.

Bugün, 221 alg türünün 35 ülkede gıda, biyoteknoloji, enerji, kimya sanayii gibi pek çok alanda ticari amaçlarla ve farklı amaçlarla kullanıldığı bilinmektedir (Şekil 7; Özdemir ve Erkmn, 2013).

ŞEKİL 7. Alglerin kullanıldığı sektörler ve etkileri (Özdemir ve Erkmn, 2013).



Algler, çok farklı su kaynaklarında yetiştirilebilirler ve deniz florasının yaklaşık %90-95'ini oluştururlar (El-Sheekh, 2006; Nale, 2021). Yapılarında bulunan fotosentetik pigmentler sayesinde CO₂ ve H₂O'yu kompleks karbonhidratlara çevirerek hem buldukları sudaki besin miktarının hem de suda çözünmüş O₂ miktarının artmasını sağlarlar (Oğur, 2016; Nale, 2021).

Birincil üreticiler olan mikroalgler deniz ve göllerdeki ilk organik maddeyi üretirler. Hücrelerindeki kıymetli metabolitlerden dolayı destek gıda olarak kullanılabilir, içerdikleri yağ asitleri ve polisakkaritler nedeniyle de bağışıklık güçlendirici olarak değerlendirilebilmektedirler. Suyu ve güneş enerjisini en verimli kullanan sistemler oldukları için, enerji kaynağı, yem ve gübre üretimi ile su arıtma başlıca kullanım alanlarıdır (Gökpinar vd., 2013).

Alg üretiminin güvenli bir ortamda yapılması önemlidir. Bunun için gereken temel şartlar, ışık ya da güneş enerjisi, su, karbondioksit ve inorganik zenginleştirici maddelerdir. Bu şartlar sağlandığında büyük miktarlarda alg üretimi de mümkün olmaktadır (Atıcı, 2022; Atıcı ve Fidan, 2022).

Yapılan bir çalışma ile alg kültüründe yaygın olarak kullanılan besi maddeleri yerine uygun besin artıklarından elde edilen besilerin kullanılabilmesi kanıtlanmıştır. Böylece hem doğal hem ucuz hem de

ŞEKİL 8. Açık sistem örnekleri (Eliçin vd., 2013)



atıklardan elde edildiği için döngüsel ekonomiye katkı sağlayan bir yatırım yapılıdır (Atıcı ve Fidan, 2022).

Mikroalgler, açık ve kapalı olmak üzere iki farklı sistemde yetiştirilebilirler. Açık sistemler arasında doğal göletler, havuzlar ve çeşitli malzemelerden üretilen tanklar yer alır (Şekil 8; Eliçin vd., 2013).

Kapalı üretim sistemleri arasında ise küçük ölçekli torbalar, tübüler ve düz levha fotobiyoreaktörler yer alır (Şekil 9).

ŞEKİL 9. Kapalı sistem örnekleri (Eliçin vd., 2013)



ŞEKİL 10. Tübüler fotobiyoreaktörde *Chlorella vulgaris* üretimi (Özdemir vd., 2015)

Kapalı üretim sistemleri, açık üretim sistemlerine kıyasla daha yüksek teknoloji gerektirdiğinden daha maliyetlidir. Ancak açık hava sistemlerinde de sürekli CO₂ kaybı olması ve kirletici etkenler gibi dezavantajlar vardır (Sforza vd., 2010; Eliçin vd., 2013).

Mikroalg bazlı ürünlerin üretiminde, mali dezavantajlar yaratan faktörler de bulunmaktadır. Bu kapsamda en önemli gider kalemi alg hasadıdır. Gerek enerji üretimi gerek besin ya da atık su arıtımı olsun mikroalg hasadı, toplam maliyetin %20-30 kadarını oluşturur. Bu oranlardaki tutarlarsa işletmeler açısından hâlâ ekonomik maliyetler olarak değerlendirilmemektedir (Şişman-Aydın, 2019; Nale, 2021).

Yukarıda sayılan faydalarının yanında toksik etkili mikroalgler de bulunur. Bunlardan bazıları, hızlı bir şekilde üreyebildiği için kısa sürede buldukları alanı kaplar ve diğer canlılara toksik etki gösterebilir. Alglerin başka bir riski ise alg patlaması (algal bloom) olarak adlandırılan değişimlerdir. Bu patlamalar, suya karışan gübrelere dolaylı azot veya fosfor gibi besin maddelerinin su sistemine girerek alglerin aşırı büyümesine yol açması ile oluşur. Çok miktarda besinin su kaynaklarına girerek yosunların büyümesine ve oksijenin tükenmesine yol açmasına ise ötrofikasyon

denir. Bu algal patlamalar, güneş ışığının diğer canlılara ulaşmasını engeller, sudaki oksijen seviyelerinin tükenmesine neden olur ve yosun türüne bağlı olarak, suya toksin bırakabilir. Bu zararlı etkiler ise su kaynağındaki tüm ekosistemi etkiler. Bunun sonucunda balık ölümleri, şehirlerin su kaynaklarının kesilmesi veya balık çiftliklerinin kapatılması gibi sonuçlar ortaya çıkabilir ("Alg patlaması", Vikipedi).

İzmir Körfezi'nde de son yıllarda bir algal patlama türü olan deniz marulu patlaması gözlenmektedir. Bir alg türü olan deniz marulu, deniz içerisinde yaşayan çeşitli organizmalar için yiyecek ve yaşam alanı imkânı yaratmasıyla ekolojik bir rol oynar, güneş ışığını, karbondioksiti ve besin maddelerini fotosentez yoluyla organik maddeye dönüştürür ve yan ürün olarak oksijen üretir. Denizlerdeki evsel atığın artmasına bağlı olarak sudaki fosfor ve azot miktarları kritik değerlere ulaştığında, deniz marulu gibi algler de aşırı şekilde çoğalır. Bu çoğalma, denizdeki bitkisel faunanın baskılanmasına ve bundan faydalanamayan balıkların olumsuz etkilenmesine sebep olur. Deniz marullarının ömrü kısadır ve onlar öldükten sonra salınan hidrojen sülfür, havaya karışarak kimyasal kirliliğe ve kokuşmaya yol açar ("Kirlilikten beslenen deniz marulu, İzmir Körfezi'nde yayılıyor", Anadolu Ajansı).

Küresel ısınma ve giderek artan nüfusun dünya üzerinde yaratmış olduğu kirlenme etki sebebiyle sulak alanlar da olumsuz etkilenmekte ve biyoçeşitlilik zarar görmektedir. Bu nedenle alg kültür/gen koleksiyonlarının oluşturulması ve algal genetik kaynakların korunması biyoçeşitlilik açısından çok kıymetlidir (Tekdal ve Ünek, 2019).

Avrupa Komisyonu; alglerin geleneksel tarımdan, su ürünleri yetiştiriciliğinden ve balıkçılıktan kaynaklanan çevresel baskının hafifletilmesinde, yüzey ve kıyı sularına besin akışının azaltılmasında, zararlı alg çoğalmalarının yönetiminde ve atıkların girdi olarak kullanımında sağlayacağı potansiyel faydalara dikkat çekmektedir. Açık denizlerle birlikte tarıma elverişli olmayan araziler de mikroalg yetiştiriciliği için uygun olduğundan alg yetiştiriciliği, mavi biyoteknolojinin en dikkate değer sektörü olarak görülmektedir (FAO, 2023; EC, 2023).

2019 yılında dünya genelinde üretilen algin 34,7 milyon tonu yetiştiricilikten ve 1,1 milyon tonu da doğadan toplanarak temin edilmiştir. En büyük alg yetiştiricisi olan yedi ülke Asya kıtasında bulunur. Bu ülkelerdeki üretim, toplam üretimin %99'dan fazlasını oluşturur. Ayrıca bu yılda, çoğunluğu Fransa, İspanya, İrlanda ve Portekiz'de olmak üzere bazı Avrupa Birliği ülkelerinde de yaklaşık 260 ton (yaklaşık 4 milyon avro değerinde) alg üretilmiştir. Avrupa'da alg içerikli yosun üreten şirketlerin sayısı, 2010-2020 döneminde %150 artarak toplam 225 şirkete ulaşmıştır (FAO, 2023; EC, 2023).

Dünyadaki alg üretiminin $\frac{3}{4}$ 'ü denizlerde yapılmaktadır. Kalan üretim miktarının $\frac{1}{4}$ 'ünün ise karalardan temin edildiği tahmin edilmektedir. Sektördeki yaklaşık 450 şirketin üretim ve işleme alanlarında faaliyet gösterdiği bilinmekle beraber, üretim verilerinin de eksik olduğu düşünülmektedir. Yılda 100.000 ila 1.000.000 ton üretim yapan dünya çapındaki en büyük 6 üretici arasında, Avrupa'dan (Fransa) bir, Çin'den üç, Şili ve Brezilya'dan da birer şirket bulunmaktadır (Phyconomy A database of seaweed organisations; EC, 2023).

15 Kasım 2022 tarihinde Avrupa Komisyonu, alglerin sürdürülebilir bir alternatif protein kaynağı olarak potansiyelini açığa çıkarmayı amaçlayan "Güçlü ve sürdürülebilir bir AB: Alg sektörüne doğru" başlıklı tebliği kabul etmiştir (EC, 2022). Bu tebliğ kapsamında kurulan çalışma komisyonu tarafından 2027 sonuna kadar şu hedeflerin gerçekleştirilmesi planlanmıştır:

- ▶ Avrupa Komisyonu ve AB üyesi devletlerin su ürünleri yetiştiriciliği hakkında yeni stratejik yönergelerin uygulanması için lojistik, teknik ve idari destek sağlamak amacıyla kurulan AB Su Ürünleri Yetiştiriciliği Destek Mekanizmasına alg sektörü hakkında daha fazla bilgi entegre edilmesi.
- ▶ Alglerle ilgili tüm ekonomik verilerin merkezî veri kaynağını oluşturmak için fizibilite hazırlanması.
- ▶ Aşağıdaki öncelikli konular hakkında bilgi toplanması:
 - ▶ AB'de, alglerin karbon yutucu olarak ve iklim değişikliğinin azaltılmasında kullanılmasına yönelik uygun ve uygulanabilir fırsatların belirlenmesi.
 - ▶ Mikroalg yetiştiriciliği ve organik sertifikasyon için çeşitli kaynaklardan gelen besin maddelerinin ve CO₂'nin kullanımına yönelik geçerli ve güvenli alternatiflerin belirlenmesi.
 - ▶ AB'de doğadan toplanan ve yetiştiricilik yoluyla elde edilen alglerin kesin ölçüğünü ve niteliğini belirlemek ve izleme planlarını yürürlüğe sokmak (EC, 2023).

Tebliğde alg sektörünün karşılaştığı sorunların, AB'deki alg potansiyelini ortaya çıkarmak için konulması gereken hedeflerin ve atılması gereken adımların şunlar olduğu belirtilmiştir (EC, 2022):

Problemler

- ▶ Yüksek üretim maliyetleri
- ▶ Düşük hacimli üretim
- ▶ Tüketici ihtiyaçları ve pazar hakkında sınırlı bilgi olması
- ▶ Alg yetiştiriciliğinin çevreye etkileri ve potansiyel riskleri hakkında sınırlı bilgi
- ▶ Yönetim problemleri

Hedefler

- ▶ Sürdürülebilir üretim, güvenli tüketim ve yenilikçi kullanım alanlarının artırılması
- ▶ Rejeneratif alg yetiştiriciliğinin geliştirilmesi
- ▶ Gıda ve gıda dışı amaçlar için alg kullanımı pazarının geliştirilmesi

Eylemler

- ▶ İlgili yönetimsel çerçevelerin ve yönetmeliklerin geliştirilmesi
- ▶ İş alanlarının geliştirilmesi
- ▶ Bilgi, teknoloji ve yenilik alanlarındaki boşlukların kapatılması
- ▶ Alg ve alg tabanlı ürünlerin sosyal farkındalığının ve kabulünün artırılması.

4.1. Sağlık Amaçlı ve Gıda Olarak Kullanım

Dünya nüfusunun artışı ile birlikte doğal kaynakların azalması, açlığı, yetersiz beslenmeyi ve buna bağlı gelişen hastalıkları da beraberinde getirmiştir. Bu yüzden yetiştirilmesi sırasında çevreye zarar verilmeyen, besleyici, sağlıklı ve aynı zamanda da sürdürülebilir şekilde temin edilebilecek gıdaların arayışı artmıştır. Yapılan çalışmalar, mikroalglerin bu önemli ihtiyaca cevap verebilecek nitelikte alternatif gıda ürünü olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Yetiştirme alanı olarak ekilebilir nitelikte olmayan tarım arazilerinin kullanılabilmesi, mikroalglerin su tüketiminin düşüklüğü, deniz suyunda yetiştirilebilirliği ve sürdürülebilirliği sınırlı olan soya ithalatına alternatif seçenek olarak değerlendirilebilmesi mikroalglerle ilgili diğer önemli avantajlardır (BAKKA, 2021; Nale, 2021).

Alglerin yapılarında yüksek oranda lipit (%20-80), protein (%39-71) ve diyet lifi bulunmaktadır. Bununla birlikte sterol, vitaminler, pigment, alfa-tokoferol, beta-karoten, glutatyon, askorbik asit, flavonoidler, hidrokinoonlar, fikosiyeninler, prolin, fenolik bileşikler, poliaminler ve çoklu doymamış yağ asitleri de içerdikleri için iyi birer besin kaynağıdır. Ayrıca fonksiyonel gıda üretiminde de kullanılan başlıca gıdalar arasında bulunurlar. Barındırdıkları bu değerli bileşenlerden dolayı antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve antikarsinojen etkiye sahip oldukları da düşünülmektedir (Şirinyıldız ve Yorulmaz, 2022).

Bir alg türü olan spirulinanın beslenme ve tedavi amacıyla kullanılması hakkındaki araştırmalarda, türün zengin içeriği sebebiyle karaciğer, sinir sistemi ve böbrek koruyucu özellikleriyle birlikte antitümör, antiinflamatuvar, antigenotoksik, antioksidan, hipoglisemik ve hipolipidemik fonksiyonlara sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Belay, 1997; Güler vd., 2021). Fareler, tavuklar, hindiler, kediler ve balıklar üzerinde yapılan bir çalışmada, spirulina tüketiminin bağışıklık sistemini güçlendirdiği kanıtlanmıştır. Ayrıca spirulinanın

bağışıklık sistemini uyarıcı etkisinin yanında vücudun yeni kan hücreleri üretme yeteneğini artırdığı da belirtilmiştir (Capelli ve Cysewski, 2010; Güler vd., 2021).

Avrupa'da alg içeren yiyecek ve içecek ürünlerine olan talebin 2011-2015 yılları arasında 2,5 kat arttığı tespit edilmiştir. 2025 yılına kadar Avrupa pazarının klorella türüne olan talep bakımından yıllık %6,4, spirulina için de %8,7 oranında büyümesi beklenmektedir (Mintel, 2016; EC, 2023).

Genel olarak alg bileşenleri, gıda endüstrisinde bağışıklık sistemini güçlendirmek ve kan kolesterolünü düşürmek için kullanılır. Bu bileşenler, antikanserojen etkilerinin yanı sıra mide ülseri veya mide yaralarının iyileşmesinde de kullanılabilir. Mikroalglerden elde edilen büyük miktarlarda biyoaktif bileşen, kas yıkımına neden olan enflamatuvar bileşiklerin üretimini azaltan güçlü ve yararlı özelliklere sahiptir. Mikroalg biyoaktif bileşenler, önleyici ve destekleyici kapsül, tablet, toz ve jel ilaçların üretiminde önemli bir role sahiptir (Basheer vd., 2020; Fields, 2020; Muslu ve Gökçay, 2020).

4.2. Hayvan Yemi Olarak Kullanımı

Kurutulmuş mikroalgler, süs balığı, kabuklular, çift kabuklular gibi deniz canlılarının yetiştiriciliğinde besin olarak kullanılmaktadır (Duru vd., 2013). Balıkların yeterince gelişmesi için beslenmelerinde omega-3 bakımından zengin balık yağları içeren yemler kullanılmalıdır. Yemlerde kullanılan balık ununun üretiminde yaşanan dalgalanma ve fiyat değişkenliği nedeniyle balık yemlerinin fiyatı da artmaktadır. Bu yüzden balık unundan yapılan balık yemlerinin yerine alternatif olarak alglerden üretilen balık yemleri rağbet görmektedir. Son yıllarda, balık yemlerine spirulina ilave edilmesiyle beraber balık hastalıklarında azalma görülmüş ve bu yemlerle beslenen balıkların daha lezzetli olduğu fark edilmiştir. Spirulina yemin lezzetini de artırdığı için, balıkların yem yeme iştahı artmış ve bu da balık larvalarının büyümesine

yansımıştır. Balıklara verilen yemlerin hemen hepsinin tüketilmesi, yemlemedeki kaybı azaltmış ve bu da çevre üzerindeki olumsuz etkiyi hafifletmiştir. Sonuç olarak spirulinanın balık yemlerinde kullanılması, yemlerin maliyet/performans oranı gelişmiştir (Özçiçek vd., 2017). Alglerin hayvan yemlerinde kullanılması ise hâlâ önemli bir ar-ge alanıdır.

4.3. Gübre Olarak Kullanımı

Tarımda yoğun bir şekilde kullanılan azot içerikli kimyasal gübreler yerine, chlorella vulgaris gibi yüksek protein içeren alglerin kullanılması, çevreye daha az veren ve daha ucuz bir uygulama şekli olarak kabul edilmektedir (Özdemir vd., 2015). Bu avantajlı durumundan dolayı alglerin gübre içerisinde kullanılmasına yönelik çeşitli araştırmalar yapılmaktadır.

2012 yılında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde yürütülen "İzmir Körfezi'nden Toplanan Bazı Deniz Yosunlarının Organik Gübre Yapımında Kullanımı" başlıklı çalışma kapsamında, makro-alglerin organik gübre olarak kullanım olanakları araştırılmış ve bu kapsamda fakültenin Urla yerleşkesinden toplanıp kurutulan algler çeşitli bitkilerin büyümesi üzerinde denenmiştir (Önal ve Gökpınar, 2012; Gökpınar vd., 2013). "Topraksız Organik Tarımda Deniz Yosunu Kullanımı" başlıklı araştırma kapsamında ise çöpe atılan makroskobik alglerin topraksız ve organik tarımda alternatif gübre kaynağı olarak kullanılması incelenmiş ve uygulamanın çiftlik gübresiyle aynı sonuçları verdiği görülmüştür (Gökpınar vd., 2009; Gökpınar vd., 2013).

Yapılan bir çalışmada, mikroalglerden üretilen bir karışımın ispanak yetiştiriciliğinde gübre ile beraber kullanılması sonucunda, bitkinin boyu, gövde çapı, yaprak alanı, yaprakların yaş-kuru ağırlığı, köklerin yaş-kuru ağırlığı ve P değerleri üzerinde önemli bir artışa sebep olduğu görülmüştür. Bitki yetiştiriciliğinde mikroalg uygulamalarının sonucunda, bitkilerin besin emiliminin kolaylaştığı görülmüş ve bitki

gelişimi açısından da olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ispanak yetiştiriciliğinde önerilen dozda mikroalgün kullanılması ile kimyasal gübre kullanımı ve buna bağlı olarak toprak kirliliği azaltılabilir. Gübre kullanımının %25-50 oranlarında azaltılarak ve organik bir biyogübre olan mikroalg ile birlikte kullanımıyla, toprakta biriken fazlalık kimyasal gübrenin önüne geçilmesi, çevre dostu ve sürdürülebilir bir üretimle daha kaliteli ürünlerin yetiştirilmesi ve üreticiler için daha ekonomik bir üretim gerçekleştirilmesi mümkün olabilecektir (Günsan vd., 2022).

Başka bir çalışmada ise alglerden üretilen biyogübre, domates yetiştiriciliğinde kullanılmış ve sonuçlar raporlanmıştır. Bu çalışmada *C. vulgaris* alginin bitki gelişimini ve verimi desteklediği ve bazı meyve kalite parametrelerini artırdığı görülmüştür. Çalışmada kullanılan biyogübrenin domates dışındaki diğer türlerde de kullanılmasıyla olumlu sonuçlar elde edileceği beklenmektedir (Özdemir vd., 2016).

Örnekleri verilen çalışmaların da gösterdiği üzere, alglerin gübre olarak kullanılması konusu hâlâ önemli bir ar-ge alanıdır. Bu konudaki gelişmeler, sürdürülebilir tarımı destekleyecek boyutlar içermektedir.

4.4. Enerji Elde Edilmesi

Dünya üzerinde ihtiyaç duyulan enerjinin giderek artması ve buna bağlı olarak petrol rezervlerinin hızla tükenmesinden dolayı, enerji kaynaklarında sorunlar yaşanmaktadır. Enerji üretiminin çıktısı olan sera gazlarının da çevre üzerinde etkisi olumsuzdur. Ayrıca fosil yakıtların yoğun olarak kullanımı, atmosferdeki CO₂ miktarını da önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu durum, dünya üzerinde sera etkisi yaratmakta ve küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Tüm bunlar, çevre dostu alternatif enerji kaynakları arayışını gündeme getirmiştir. Bu bağlamda güneş, rüzgâr ve okyanus enerjisi, jeotermal, biyoyakıt gibi birçok enerji kaynağı, günümüzde fosil yakıtların yerini almaya başlamıştır.

Fosil yakıtların alternatifi bir başka kaynak da fotosentetik organizmalardır. Yerküredeki toplam

fotosentezin yaklaşık %40'ı denizlerde gerçekleşir ve denizler, atmosferdeden 50 kat daha fazla CO₂ içerir. Her yıl 35 gigaton ağırlığında CO₂ denizlerde, fotosentez yoluyla organik maddelere dönüştürülmektedir. Bu gücün biyoyakıt üretiminde de kullanılması mümkündür (Eleren vd., 2019).

Güney Afrika'da bulunan bir şirket, kendi bölgelerine özgü bir alg topluluğundan biyoyakıt üretmiştir. Şirketin çabaları sonucunda, yılda yaklaşık 15.000 ton biyoLNG üretimi yapılabilmektedir. BiyoLNG'nin tüketimi ile ilgili çalışmalarda ise tüketilen her bir ton yakıtın 2,8 ton CO₂ eşdeğeri tasarruf sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Mevcut fosil yakıt altyapısının tam ve sürekli kullanımına olanak tanıyan, fosil yakıtlara karbon nötr bir alternatif olarak sunulan bu enerji türünün motorlarda veya mevcut dağıtım ağında herhangi bir değişiklik gerektirmediği de belirtilmiştir (EU, 2023).

Mikroalgler, endüstriyel ve hane halkı enerji tüketimi için sürdürülebilir ve çevre dostu alternatif bir kaynak olarak öne çıkmıştır (Eleren vd., 2019). Yapılan birçok araştırma ile hem mikroalglerin hem de makroalglerin yenilenebilir yakıt üretiminde kullanılabilmesi kanıtlanmıştır. Mikroalgler, diğer bitkisel kaynaklara kıyasla daha fazla biyo-dizel üretimi potansiyeline sahiptir. Mikroalglerin içeriklerindeki %10-60 arasında değişen yağ oranları ile en yağlı bitkilerden bile daha fazla yağ içerdiği de tespit edilmiştir (Rad ve Şen, 2014). Mikroalgleri diğer biyokütlelere kıyasla öne geçiren bir diğer özellik ise en hızlı büyüyen bitki olmalarıdır. Şehrin atık suları kullanılarak yetiştirilebildiklerinden temiz su ve gübreye ihtiyaç bulunmamaktadır. Alglerin kullandığı karbondioksit, kısa bir döngü sonucunda (yakıt üretilmesi ve üretilen yakıtların kullanılması) yeniden atmosfere salınabilmesi için mikroalgler aracılığıyla üretilen biyoyakıtlar kullanıldığında doğadaki karbon dengesi de bozulmamaktadır (Baydemir, 2018).

Mikroalglerin her yerde kolayca büyüebilmesi, günlük hasat edilebilen türlerinin olması, kükürt içermemesi, toksik olmaması, daha az atık oluşturması, daha az çevre kirliliğine sebep olması, biyolojik olarak yüksek oranda parçalanabilmesi, küspelerinin hayvan yemi olarak kullanılabilmesi, yüksek miktarda çoklu

doymamış yağ asidi içermesi nedeniyle soğuk iklimlerde üretilebilmesi, üretimi diğer fosil yakıtlara göre çok daha ekonomik olması, karbon emisyonunu azaltması ve sürdürülebilir bir kaynak oluşu alg yağından biyodizel üretiminin avantajlı yönleridir (Demirbaş ve Demirbaş, 2011; Paul vd., 2014; Şirinyıldız ve Yorulmaz, 2022).

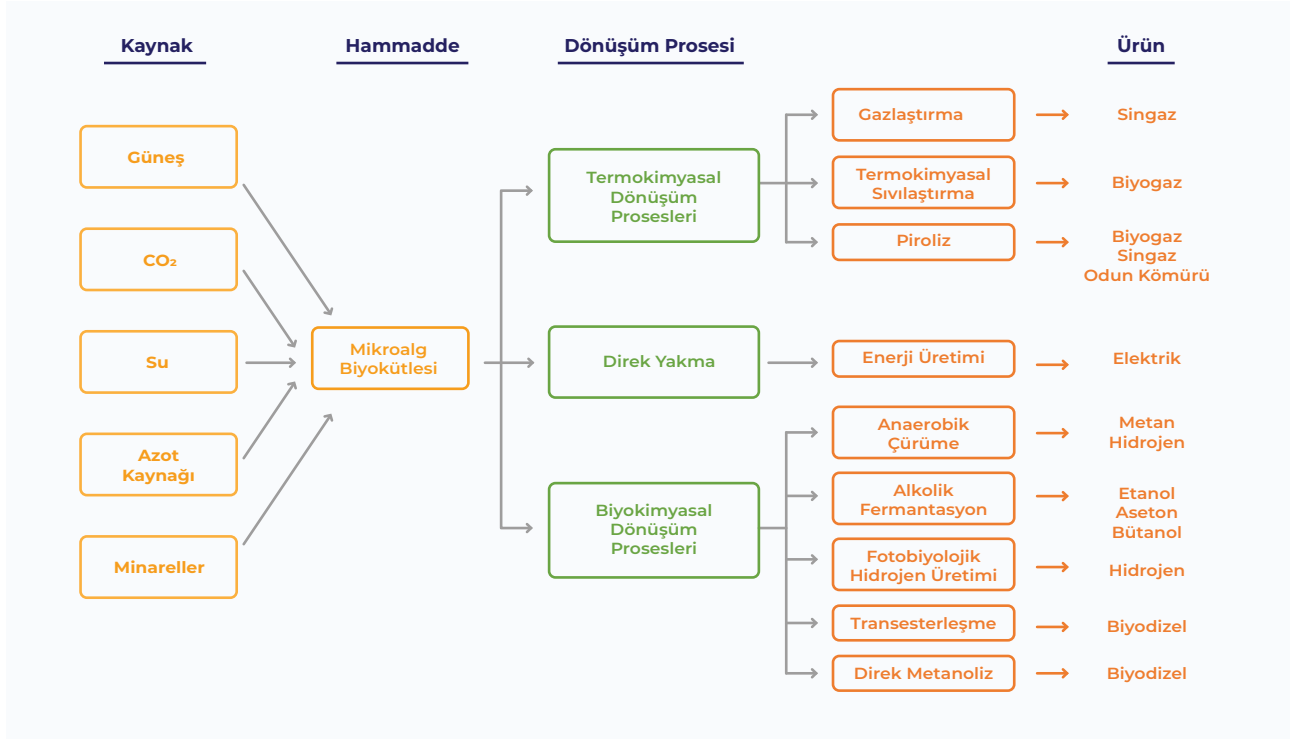
Tüm bu özelliklerine ek olarak, hem su hem de kara ekosistemlerinde yaşayabilen mikroalglerin aşağıdaki özellikleri de bulunur:

- ▶ Yüksek oranda güneş enerjisini tutma kapasitesine sahip, fotosentez yoluyla organik madde üretebilmesi,
- ▶ Fiziksel ve kimyasal stres altında fazla miktarda spesifik bileşikler üretebilmesi,
- ▶ Basit hücresel bölünme döngüsüne sahip olması,
- ▶ Farklı çevresel koşullarda (su, sıcaklık, tuzluluk ve ışık) gelişim gösterebilmesi,
- ▶ CO₂ yoluyla güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürebilen ve hızlı çoğalabilen canlılar olması,
- ▶ Yüksek büyüme hızı ve verimliliğe sahip olması,
- ▶ Fotosentez yoluyla verimli CO₂ alımı ile sera gazı emisyonunu azaltması,
- ▶ Tarımsal amaçlar için uygun olmayan alanlarda da yetiştirilebilmesi sebebiyle biyoyakıt kaynağı olarak kullanılabilmesi (Chen vd., 2011; Costa vd., 2014; Eleren vd., 2019).

Mikroalglerden üretilebilen biyodizel bitkisel yağlar, kullanılmış atık yağların ve hayvansal yağların uygun katalizör eşliğinde alkol ile kimyasal tepkimeye girmesi sonucunda açığa çıkan bir yakıt türüdür (Sabancı vd., 2010; Eleren vd., 2019). Mikroalglerden enerji üretiminin miktarı, üretimde kullanılan mikroalgin içerdiği yağ oranı ile doğru orantılıdır. Kolza tohumu ve palmye yağı gibi diğer yağ içeriği yüksek olan bitkisel kaynaklar ile kıyaslandığında mikroalglerin yağ içeriğinin daha fazla olduğu görülmektedir (Mohammed ve Ani, 2015; Eleren vd., 2019).



ŞEKİL 11. Mikroalglerden biyoyakıt elde etme sürecinin şeması (Suganya vd., 2016; Raheem vd., 2015; Naik vd., 2010'dan uyarlayarak hazırlayan Eleren vd., 2019)



Yukarıdaki şemadan da görülebileceği üzere yeterli ışık, CO₂, su, azot ve mineral dengesi sağlandığında mikroalgler çeşitli süreçlerden geçirilerek farklı enerji ürünleri elde edilebilmektedir (Şekil 11).

Mikroalglerden çok çeşitli enerji ürününün elde edilebiliyor olmasına rağmen, bu üretim için gerekli altyapının maliyetli olması, biyoyakıt için mikroalglerin kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, sisteme büyük miktarlarda hammadde girmesi de gerekmektedir. Bu nedenle algal enerji üretimi için atıksu arıtma tesisleri, enerji üretim sistemleri gibi CO₂ atığı ortaya çıkan üretim süreçlerinden de yararlanılabilir.

4.5. Su Arıtma Amaçlı Kullanım

Algal biyoteknolojinin en önemli ve sık kullanılan uygulama alanlarından biri, evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan su kirliliğinin giderilmesidir. Böyle uygulamalarla hem kirlenen sular doğal yollar ile arıtmakta hem de su tasarrufu yapılmaktadır.

Algleri suyu arıtmak için kullanarak hem suyu filtrelemek hem de enerji üretmek mümkündür. Alglerin atık su alanlarında enerji üretmek için kullandıkları karbondioksit ve atık suların entegre sistemler sayesinde geri kazanılması beraber düşünüldüğünde, bunun oldukça çevreci bir enerji üretim süreci olduğu anlaşılır. Bu bakımdan ağır metalleri etkili bir biçimde absorbe ve/veya adsorbe edebilen yağ miktarı yüksek yeni algal türlerin keşfedilmesi çok önemlidir (Tekdal ve Ünek, 2019).

BÖLÜM 5.

Sonuç



İklim değişikliğine bağlı küresel ısınmanın dünyamız üzerindeki etkisi, her geçen gün artmaktadır. Su ürünleri sektörü de bu durumdan ciddi şekilde etkilenen sektörler arasındadır. Bu bakımdan su ürünleri sektörü için iklim değişikliğine yönelik eylem planlarının yapılması, son derece önemlidir. Deniz koşullarının su canlıları için olumsuz yönde değişmesi, avcılık yoluyla elde edilen su ürünleri miktarını da giderek azaltmaktadır. Bunlara kaçak ve kontrolsüz avcılık gibi insan kaynaklı etkilerin eklenmesi denizlerdeki olumsuz değişimleri hızlandırmaktadır.

Dünya çapında su ürünleri sektörü hakkında yapılan incelemelerde, sektörün yalnızca balıkçılıktan ibaret olarak düşünülmemesi gerektiğinin altı çizilmektedir. Kabuklular, yumuşakçalar, algler gibi su canlılarını da kapsayan sektör, gıda kaynağı olmanın dışında ilaç, yem, kozmetik ve enerji üretimi gibi alanlara da fayda sağlamaktadır. Yeni nesil enerji kaynağı olan alglerden birçok alanda faydalanılması, midyelerin deniz suyunu filtrelemek için kullanılabilmesi gibi örnekler su ürünlerinin kullanım ağının ne kadar geniş olduğunu gösterir. Bu sebeple sektörün devamlılığını sağlamak ve yaşanan iklim krizinin etkisini minimum düzeye indirmek için sektörde sürdürülebilirlik ilkelelerinin uygulanması ve bu potansiyelden istifade edilmesi gerekmektedir.

Bölgemizde ve ilimizde su ürünleri sektörünü sürdürülebilir araçlar ile buluşturabilen bir örnek olarak İzmir Körfezi'nde yapılan bir araştırma (İZKA, 2023), deniz suyunun filtrelenmesi için midyelerin kullanılmasının kısa sürede etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Körfez'in bir ekosistem olarak restorasyonunda bu ve benzeri doğa dostu, sürdürülebilir yöntemlerden faydalanılması ve bu yöntemlerin yeni araştırma ve teknolojilerle desteklenmesi, deniz ekosistemlerinin gelişimini olumlu yönde etkileyecektir.

Akuakültür firmalarının daha sürdürülebilir, karbon nötr ve verimli üretime yönelik ar-ge yatırımları yapması, bölgenin rekabetçiliği için önemlidir. Yeni türlerin geliştirilmesi, karbon salımını ve enerji kullanımını azaltacak uygulamaların hayata geçirilmesi, enerji dönüşümünün tamamlanması, kapalı devre (akuaponik) üretim ve dijital takip sistemlerinin kurulması ve yem olarak alglerin kullanılması ile daha düşük FCR-yem

değerlendirme oranlarına erişilmesi bu alanda öne çıkan konulardır. Örneklerde de görüldüğü gibi su ürünleri sektöründe sürdürülebilir yöntemlerin kullanılması ve su ürünlerinin gıda dışı alanlarda da alternatif kaynak olarak kullanılması, deniz canlılığının korunması için atılması gereken adımlardandır.

Tüm dünyada alg ve algal ürünler hızlı gelişen bir teknoloji alanıdır. Avrupa alg sektörü bugün mütevazı bir boyuta sahiptir ve birçok şirket mikro işletme boyutundadır. Ancak sektörü, artan inovasyon ve pazar talebi sayesinde AB mavi biyoteknolojisi içinde güçlü, sürdürülebilir ve yenilenebilir bir sektör hâline getirmek mümkündür. Fakat bunun için teknolojik gelişmelere ve daha fazla yatırıma ihtiyaç vardır (EC, 2023).

Sektör, İzmir özelinde incelendiğinde üniversitenin ve firmaların yaptığı çalışmalar olduğu görülmektedir. Gıda, hayvan yemi, gübre, enerji, su arıtma gibi faaliyetlerde sürdürülebilir uygulamalar sunan bu alanda, bölgenin ihtiyaç ve potansiyelini arttıracak çalışmaların yapılması ve teşviklerle ar-ge faaliyetlerinin ve işbirliklerinin desteklenmesi gerekmektedir. Bu konudaki araştırmalara odaklanan enstitülerin yanında, kamu ve özel kesimin ortak çalışmalarının güçlendirilmesi de gerekmektedir.

Döngüsel üretime yönelik büyük potansiyele sahip olan balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği sektörlerinde çeşitli iyileştirmelerin hayata geçirilmesi önemlidir. Avcılıkta kullanılan balıkçı teknelerinin ve ekipmanların elektrifikasyona dönüşümü, yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonu için atılabilecek büyük adımlardandır. Bu tekne ve ekipmanların ortak kullanıldığı bir akıllı yönetim sisteminin kurulması da çevresel etkileri azaltmaya yardımcı olacaktır. Üretimde plastik kullanımının azaltılması, ağ, halat, kafes ve kutu gibi malzemelerin yeniden kullanılacak şekilde dizaynı sektörün atık miktarını azaltılmaya yardımcı olacaktır.

Üretim süreci öncesinde veya süreç sırasında uygulanabilen döngüsel üretim ilkeleri, ortaya çıkan ürünün verimli şekilde kullanılmasını da sağlayacaktır. Sektörde en çok üretimi yapan ikinci il olan İzmir'de, üretim sonrasında ortaya çıkan ıskarta veya atık balıkların balık unu, balık yemi ve evcil hayvan yemi olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu atıkların veya canlı

kabuklarının çimento, plastik, boya vb. gibi sektörlerde kullanılması konusunda da gerekli yatırımların yapılması sürdürülebilirlik açısından önemli olacaktır.

Mayıs 2021'de Avrupa Komisyonu, 2021-2030 dönemine yönelik daha sürdürülebilir ve rekabetçi su ürünleri yetiştiriciliği için bir dizi stratejik yönerge yayımlamıştır. Bu yönergeler çerçevesinde, AB su ürünleri sektörünün 2030 yılına kadar, daha rekabetçi ve dirençli bir hâle getirilmesi ve sürdürülebilirlikte küresel bir referans olması hedeflenmektedir. Bu yönergelerde tek bir yasayla mevzuatın birleştirilmesi ve ulusal su ürünleri yetiştiriciliği biriminin kurulması önerilmektedir. Bu yaklaşım, su ürünleri yetiştiriciliği ile ilgili tüm konuları tek bir çatı altında toplayarak süreçleri basitleştirebilir. Bununla beraber lisanslama işlemleri için "tek durak" sisteminin kurulmasının ve dijital hizmetlerin artırılmasının başvuru süreçlerini hızlandıracağı ve şeffaflığı artıracığı düşünülmektedir.

Son olarak sosyal lisans olarak adlandırılan yerel paydaşlarla sürekli istişarelerin ve ulusal su ürünleri yetiştiriciliği iletişim kampanyalarının da toplumsal kabul ve desteği arttıracığı öngörülmektedir (EC, 2024). Bu yönergelerin ülkemizdeki dönüşüm için de geçerli olduğu görülmektedir. Sektörün üretim kalitesinin artırılması ve sürdürülebilirliğin sağlanması adına bu temel uygulamaların hayata geçirilmesi şarttır.

Hızla artan nüfusa sağlıklı gıda çözümleri oluşturabilen, aynı zamanda diğer gıda üretim sektörlerine nazaran daha az kaynak kullanılabilme potansiyeline sahip su ürünleri sektörüne yönelik yapılacak çalışmaların bölge ve ülke ekonomisine olumlu yansımaları olacaktır.

KAYNAKÇA

- "Alg patlaması", https://tr.wikipedia.org/wiki/Alg_patlamasi, (Erişim tarihi: 30.01.2024).
- Akdoğan, H. (2018). "Gemi Balast Suyu Arıtım Cihazlarının Tip Onay Testlerinin Ülkemizde Yapılmasının Sağlanması ve Getirisinin Analizi", Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Deniz ve İç Sular Düzenleme Genel Müdürlüğü, denizcilik uzmanlığı tezi, Ankara.
- Alvarado, J. L. (1997). "Aquafeeds and the Environment", Feeding Tomorrow's Fish, CIHEAM, Zaragoza, ss. 275-289.
- Aquaponicsplan (2015). Diy Aquaponics System plants, http://aquaponicsplan.com/wpcontent/uploads/2013/05/organic_aquaponics-1.jpg, 17.07.2015.
- Aşıkoğlu, B. (2014). "Gemi Balast Suyu ile Yayılan İstilacı Türlerin Bertarafı İçin Alternatif Yöntemler", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, İstanbul.
- Atıcı T. ve Fidan B. B. (2022). "Organik Gıda Atıkları Kullanılarak Laboratuvarında Alg Üretim Yöntemleri", Dünya Sağlık ve Habitat Bilimleri Dergisi, C. 5, S. 2, ss. 55-66.
- Atıcı, T. (2020). "Production and collection of microalgae isolated from freshwater reserves in Central Anatolia, Turkey". Türler ve Habitatlar, S. 1(1), ss. 37-44.
- Bahadır Koca, S.; Terzioğlu, S.; vd. (2011). "Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Çevre Dostu Üretim", Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, C. 3, S. 1, ss. 107-113.
- BAKKA (2021). Zonguldak İli Levrek, Gökkuşluğu Alabalığı ve Deniz Alabalığı Yetiştiriciliği Ön Fizibilite Raporu, Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı.
- "Balıklar nereye gitti?", <https://www.atlasdergisi.com/gundem/turkiyede-balikcilik-ve-balik-avi-aliskanliklari-yontemleri.html>, (Erişim tarihi: 16.01.2024).
- Barnum, R. S. (2005). *Biotechnology: An Introduction*, Thomson/Brooks/Cole Publishing Company, Belmont.
- Basheer, S.; Huo, S.; vd. (2020). "Microalgae in human health and medicine", *Microalgae Biotechnology for Food, Health and High Value Products*, Springer, Singapore, ss. 149-174.
- Batır, E. (2022). "Akuakültürde Kullanılan Entegre Multitrofik Sistemlerin (IMTA) Önemi", Tagem e-bülten, Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, S. 2, ss. 4-10.
- Baydemir, T. (2018). "Mikroalgler Enerji Sorununu Çözer mi? Omega Sistemi", TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, S. 604, ss. 62-71.
- Belay, A. (1997). "Mass culture of *Spirulina* outdoors. The Earthrise Farms experience", *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell-biology and Biotechnology*, Taylor & Francis, London, pp. 131-158.
- Bilgin, M.; Uluturhan-Suzer, E.; vd. (2022). "Integrated assessment with biomarker responses and metal concentrations on some fish species from İzmir Bay: preliminary investigation", *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, C. 39, s. 4, ss. 284-292.
- Capelli, B.; Cysewski, G. R. (2010). "Potential health benefits of *Spirulina* microalgae", *Nutrafoods*, C. 9, S. 2, ss. 19-26.
- Chen, C; Yeh, K; vd. (2011). "Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review", *Bioresource Technology*, S. 102, ss. 71-81.
- Chopin, T. (2013). "Aquaculture, Integrated Multi-trophic (IMTA)", *Sustainable Food Production*, Springer, New York, NY.

- Clarkson, R., Lane, S. D. (1991). "Use of small-scale nutrient film hydroponic technique to reduce mineral accumulation in aquarium water", *Aquaculture and Fisheries Management*, S. 22, ss. 37-45.
- Costa, J. A. V.; Morais M. G. (2014). "An Open Pond System for Microalgal Cultivation", *Biofuels from Algae*, Oxford, UK, Elsevier, ss. 1-22.
- Çağırğan, H.; Degirmenci, U. (2008). "Yurdumuzda Balık Hastalıklarının Tedavisinde İlaçların Yasal Kullanımı", I. Ulusal Alabalık Sempozyumu. 14-16 Ekim 2008, Isparta.
- Demirbaş, A.; Demirbaş, M. F. (2011). "Importance of algae oil as a source of biodiesel", *Energy Conversion and Management*, S. 52, ss. 163-170.
- "Denizel İstilacı Yabancı Türler", <https://www.istilacilar.org/denizel-istilaci-yabanci-turler/>, (Erişim tarihi: 25.01.2024).
- Duru, M., vd. (2013) "Mikroalglerin Pigment Kaynağı Olarak Balık Yemlerinde Kullanımı", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, C. 6, S. 2, ss. 112-118.
- Eleren, S., vd., (2019). "Sürdürülebilir ve Çevre Dostu Biyoyakıt Hammaddesi: Mikroalgler", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, C. 25, S. 3, ss. 304-319,
- Eliçin, K.; Koç, C.; vd. (2013). "Biyoyakıt Amaçlı Nannochloropsis salina Mikroalg Türünün Bazı Yetiştirme Parametrelerinin Belirlenmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, C. 9, S. 2, ss. 99-107.
- El-Sheekh, M. M.; Osman, M. E. H.; vd. (2006). "Production and characterization of antimicrobial active substance from the Cyanobacterium *Nostoc muscorum*", *Environmental Toxicology and Pharmacology*, C. 21, S. 1, ss. 42-50.
- EU (2023). *Possibilities and Examples For Energy Transition of Fishing and Aquaculture Sectors*, European Union.
- EU Biomass in A Net Zero Economy, <https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2021/06/MATERIAL-ECONOMICS-EU-BIOMASS-USE-IN-A-NET-ZERO-ECONOMY-ONLINE-VERSION.pdf>.
- European Commission (2022). *Towards a Strong and Sustainable EU Algae Sector*.
- European Commission (2023). *The Blue Economy Report*.
- European Commission (2024). "Implementing the Strategic Guidelines for EU aquaculture Regulatory and administrative framework for aquaculture".
- FAO (2018). *Dünyada Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Durumu*, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2022). "The State of World Fisheries and Aquaculture 2022", <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9df-19f53-b931-4d04-acd3-58a71c6b1a5b/content/sofia/2022/aquaculture-production.html>.
- Fields, F. J.; Lejzerowicz, F.; vd. (2020). "Effects of the microalgae *Chlamydomonas* on gastrointestinal health", *Journal of Functional Foods*, S. 65, doi: 10.1016/j.jff.2019.103738.
- Gökpinar, Ş., Boran, G.; vd. (2009). "Topraksız Organik Tarımda Deniz Yosunu *Ulva rigida* (Ulvaceae) Kullanımı", XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 01-04 Temmuz 2009, Rize.
- Gökpinar, Ş.; Işık, O.; vd. (2013). "Algal Biyoteknoloji Çalışmaları", *Yunus Araştırma Bülteni*, S. 4, ss. 21-26.
- Güldiren, O.; Tekin Özcan, S. (2018). "Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nda Yaşayan Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın Kas, Karaciğer ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, C. 9, S. 2, ss. 157-167.
- Güler, Ç.; Türkoğlu, Z.; vd. (2021). "Fonksiyonel Bir Gıda Katkısı Olarak *Spirulina platensis*", *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, C. 52, S. 3, ss. 351-360.
- Günsan Can, B.; Yıldız, M.; vd. (2022). "Mikroalg Kullanımının İspanakta Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi", *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, C. 12, S. 4, ss. 1884-1895 ve 2022.

- Hermans, S. (2023). "2023 Seaweed State of the Industry", <https://phyconomy.net/articles/2022-seaweed-review>, (Erişim tarihi: 30.01.2024).
- IUCN (2018). Denizdeki tehlike: Denizlerdeki istilacı yabancı türler, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- İZKA (2023). Midyelerin Biyolojik Arıtma Özelliklerinin İzmir Körfezi'nde Uygulanabilirliği Projesi, İzmir Kalkınma Ajansı.
- Jahncke, M. L.; Schwarz, H. M. (2002). "Public, Animal and Environmental Aquaculture Health Issues in Industrialized Countries", Public, Animal, and Environmental Aquaculture Health Issues, John Wiley & Sons Inc., New York, ss. 67-102.
- Kargın, H.; Bilgüven, M. (2018). "Akuakültürde Akuaponik Sistemler ve Önemi", Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, C. 32, S. 2, ss. 159-173.
- Kızılelma, Z. (2019). İzmir Körfezi Kıyılarında Oluşan Katı Atık Kirliliğinin Araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı.
- "Kirlilikten beslenen deniz marulu, İzmir Körfezi'nde yayılıyor", <https://www.aa.com.tr/tr/cevre/kirlilik-ten-beslenen-deniz-marulu-izmir-korfezinde-yayiliyor/2388568>, (Erişim tarihi: 30.01.2024).
- Körpe, Ö. (2009). "Balast Suyu Yönetimi", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, İstanbul.
- Mohammede, S.; Ani, F. N. (2015). "An integrated approach for biodiesel and bioethanol production from *Scenedesmus bijugatus* cultivated in a vertical tubular photobioreactor", Energy Conversion and Management, S. 101, ss. 778-786.
- Mukherjee, S. (2013). Concept Note: Aquaponic Systems and Technologies, Sankalpa Research Center.
- Muslu, Mücahit; Gökçay, Gülden Fatma (2020). "Sağlığın Desteklenmesi Ve Sürdürülebilir Beslenme için Alternatif Bir Kaynak: Alg (Yosunlar)", Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, C. 2, S. 3, ss. 221-237.
- Mutlu, T.; Gedik, K.; vd. (2022). Investigation of Microplastic Accumulation in Horse Mackerel (*Trachurus mediterraneus*) Caught in the Black Sea", Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, C. 7, S. 4, ss. 561-567.
- Naik, S. N.; Goud, V. V.; vd. (2010). "Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, S. 14, ss. 578-597.
- Nale, Z. (2021). "Yenilikçi Gıda Ürünlerinin Geliştirilmesinde Alternatif Bir Kaynak: Mikroalgler", Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, C. 4, S. 1, ss. 80-90.
- Oğur, S. (2016). "Kurutulmuş alglerin besin değeri ve gıda olarak kullanımı", Su Ürünleri Dergisi, C. 3, S. 1, ss. 67-79.
- Önalın, S. K.; Gökpinar, Ş. (2012). "Ekmeklik Buğday (Bezostaya)'ın Metabolik Özellikleri ve Büyüme Parametreleri Üzerine Organik Gübre Olarak Mikroskopik yosun (*Nostoc sp.*)'in Etkisi". Tagem Organik Tarım Araştırmaları Program Değerlendirme Toplantısı, 19-21 Mart 2012, Antalya.
- Özçiçek, E., vd. (2017). "Akuakültürde sürdürülebilir besin kaynağı olarak mikroalglerin kullanımı", Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, C. 34, S. 3, ss. 347- 354
- Özdemir, N.; Erkmen, J. (2013). "Yenilenebilir Biyoplastik Üretiminde Alglerin Kullanımı", Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi / The Black Sea Journal of Sciences, C. 3, S. 8, ss. 89-104.
- Özdemir, S.; Sukatar, A.; vd. (2016). "Chlorella vulgaris Üretimi ve Sera Organik Domates Yetiştiriciliğinde Biyogübre Olarak Kullanımının Etkileri", Tarım Bilimleri Dergisi, S. 22, ss. 596-605.
- Paul Abishek, M.; Patel, J.; vd. (2014). "Algae oil: a sustainable renewable fuel of future", Biotechnology Research International, doi: 10.1155/2014/272814.

- Phyconomy A database of seaweed organisations, <https://phyconomy.net/database>, (Erişim tarihi: 30.01.2024).
- Quillere, I.; Marie, D.; vd. (1993). "An artificial productive ecosystem based on fish/bacteria/plant association; I. Design and management", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, S. 47, ss. 13-30.
- Rad, F.; Şen, İ. (2014) "Biyoekonomi ve Su Ürünleri: Mavi Ekonomi ve Fırsatlar Sunumu", *Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Biyo-ekonomi Çalıştayı*, 7 Mayıs 2014.
- Raheem, A.; Wan Azlina, W. A. K. G.; vd. (2015). "Thermochemical conversion of microalgal biomass for biofuel production", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, S. 49, ss. 990-999.
- Sabancı, A.; Ören, N. (2010). "Türkiye'de biyodizel ve biyoetanol üretiminin tarım sektörü açısından değerlendirilmesi", *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Sforza, E.; Beertucco, A.; vd. (2010). "Vegetal oil from microalgae: species selection and optimization of growth parameters", *Chemical Engineering Transactions*, S. 20, ss. 199-204.
- Suganya, T.; Varman, M.; vd. (2016). "Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: A biorefinery approach", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, S. 55, ss. 909-941.
- Şavran, G.; Küçük, F. (2022). "Sucul Canlılarda Ağır Metal Birikimi ve Etkileri", *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, C. 8, S. 1, ss. 65-78.
- Şirinyıldız, D. D.; Yorulmaz, A. (2022). "Alternatif ve sürdürülebilir bir gıda kaynağı olarak algler", *Toros University Journal of Nutrition and Gastronomy-JFNG*, S. 1, ss. 101-117.
- Şişman-Aydın, G. (2019). "Mikroalg Teknolojisi ve Çevresel Kullanımı", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, C. 4, S. 1, ss. 81- 92.
- "The bioeconomy in different countries", https://knowledge4policy.ec.europa.eu/visualisation/bioeconomy-different-countries_en#algae_productions, (Erişim tarihi: 30.01.2024).
- "The State of World Fisheries and Aquaculture 2022", <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9df19f53-b931-4d04-acd3-58a71c-6b1a5b/content/sofia/2022/aquaculture-production.html>, (Erişim tarihi: 30.01.2024).
- Tekdal, D.; Ünek, C. (2019). "Türkiye'de Bazı Ekstrem Çevre Koşullarında Yaşayan Mikroalgal sensu lato Biyoçeşitliliğin Önemi", *Bağbahçe Bilim Dergisi*, C. 6, S. 1, ss. 66-72.
- Treeprint Report (2021). Credit Suisse.
- Turanlı, N.; Gedik, K. (2021). "Spatial trace element bioaccumulation along with consumer risk simulations of Mediterranean mussels in coastal waters of Turkey", *Environmental Science and Pollution Research*, C. 28, S. 31, ss. 41746-41759.
- Türker, H. (2018). "Nutrient Dynamics of Different Plants in an Aquaponics Aquaculture System", *Aquatic Sciences and Engineering*, C. 33, S. 3, ss. 77-83.
- Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2015). *Türkiye Biyoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı (2015-2018)*.
- TOKİ (2020). "İzmir İli, Aliğa İlçesi, Gemi Söküm Bölgesine İlişkin Nazım İmar Planı Revizyonu 1/5000 (2020)", *Toplu Konut İdaresi Başkanlığı - TOKİ*, https://webdosya.csb.gov.tr/db/izmir/icerikler/izmir_aliaga_5000-20230406132411.pdf.
- NGO Shipbreaking Platform (2023). *Türkiye'de Gemi Geri Dönüşümü Sorunlar ve İleriye Dönük Hedefler*.
- WWF (2018). *Plastik Kapanından Çıkış – Akdeniz'i Plastik Kirliliğinden Kurtarmak*, World Wide Fund for Nature.
- WWF (2019). *İklim Değişikliğinin Okyanus Gıda Güvenliğine Kadar Olan Etkilerinin Azaltılması*, World Wide Fund for Nature.
- WWF (2020). *Türkiye Kıyılarında Atık Analizi Raporu*, World Wide Fund for Nature.
- WWF (2021). *30 x 30: Akdeniz'de Biyolojik Çeşitliliği ve Balık Stoklarını Yeniden Canlandırmak*, World Wide Fund for Nature.

WWF (2021). Türkiye’de Plastik Atık Sorunu ve Politika Önerileri, World Wide Fund for Nature.

WWF (2022). Denizlerdeki Plastik Kirliliğinin Denizel Türler, Biyoçeşitlilik Ve Ekosistemler Üzerindeki Etkileri, World Wide Fund for Nature.

WWF (2022). Sürdürülebilir Küçük Ölçekli Balıkçılık İçin “Ortak Yönetim”, World Wide Fund for Nature.

https://www.wwf.org.tr/calismalarimiz/oceans/surdurulebilir_balkclk/, (Erişim tarihi: Aralık 2023).

Yıldırım, Ö.; Korkut, A. Y. (2004). “Su Ürünleri Yemlerinin Çevreye Etkisi”, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, C. 21, S. 1-2, ss. 167-172.

Yıldız, H. Y.; Pulatsü, S. (2022). “Sıfır atığa doğru: Su ürünleri yetiştiriciliğinde sürdürülebilir atık yönetimi”, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, C. 39, S. 4, ss. 341-348.



İZMİR KALKINMA AJANSI

Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19, 35170 Konak/İzmir

T. +90 232 489 81 81 F. +90 232 489 85 05

www.izka.org.tr

Kalkınma Ajansları Yayınları Bedelsizdir, Satılamaz